

TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM
KOORDINASI PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI
KELISTRIKAN PADA PELABUHAN TELUK LAMONG
SURABAYA**

**Arbiantoko Permadi Purnomo
NRP 2215 105 052**

**Dosen Pembimbing
Ir. Sjamsjul Anam, MT,
Vita Lystianingrum B.P, ST., M.Sc., Ph.D.**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM KOORDINASI
PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI KELISTRIKAN PADA
PELABUHAN TELUK LAMONG SURABAYA**

Arbiantoko Permadi Purnomo
NRP 2215 105 052

Dosen Pembimbing
Ir. Sjamsjul Anam, MT,
Vita Lystianingrum B.P, ST., M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 141599

**ANALYSIS AND PLANNING SYSTEM COORDINATION
PROTECTION SYSTEM DISTRIBUTION ELECTRICITY
IN PORT OF LAMONG BAY SURABAYA**

Arbiantoko Permadi Purnomo
NRP 2215 105 052

Counsellor Lecturer
Ir. Sjamsjul Anam, MT,
Vita Lystianingrum B.P, ST., M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM KOORDINASI PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI KELISTRIKAN PADA PELABUHAN TELUK LAMONG SURABAYA”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017



Arbiyanto Permadi P
NRP. 2215 105 052

Halaman ini sengaja dikosongkan

**ANALISIS DAN PERENCANAAN KOORDINASI PROTEKSI
SISTEM DISTRIBUSI KELISTRIKAN PADA PELABUHAN
TELUK LAMONG SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Samsjul Anam, MT
NIP. 196307251990031002

Vita Lystianingrum B. P., ST., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198208292006042001



**SURABAYA
JULI, 2017**

ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM KOORDINASI PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI KELISTRIKAN PADA PELABUHAN TELUK LAMONG SURABAYA

Nama Mahasiswa : Arbiantoko Permadi Purnomo
NRP : 2215105052
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Sjamsjul Anam, MT.
Dosen Pembimbing 2 : Vita Lystianingrum B.P, ST., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Pelabuhan bongkar muat di Teluk Lamong merupakan bagian dari daerah operasi kerja PT. Pelindo III. Pelabuhan bongkar muat tersebut berperan sangat penting di Jawa Timur khususnya dalam kelancaran arus distribusi logistik barang impor maupun barang ekspor yang setiap tahun jumlahnya terus meningkat sebanding dengan laju pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi.

Dengan adanya program Green Port yang mulai dicanangkan oleh pemerintah untuk mengurangi efek gas rumah kaca dan pengefisiensi dalam penggunaan energi pada pelabuhan- pelabuhan di Indonesia, pelabuhan bongkar muat Teluk Lamong menerapkan sistem elektrifikasi pada semua peralatannya sehingga sumber utamanya berasal dari PLN dan Pembangkit listrik yang terpusat sehingga keandalan dalam kelistrikan adalah hal utama yang perlu diperhatikan untuk kelancaran proses bongkar muat serta mewujudkan visi menjadi pelabuhan bongkar muat berkelas internasional.

Koordinasi proteksi kelistrikan merupakan hal yang sangat penting dan berpengaruh terhadap keandalan kelistrikan terutama masalah kontinuitas penyaluran daya. Pada tugas akhir ini membahas tentang analisa dan perencanaan koordinasi proteksi sistem distribusi kelistrikan di industri pelabuhan bongkar muat dengan mengatur delay waktu trip, setting lowset dan highset relay dengan mempertimbangkan perkembangan jumlah sumber dan penambahan jumlah peralatan sehingga jika terjadi gangguan dapat trip dan berkoordinasi dengan baik untuk mengamankan dan mengisolasi gangguan agar tidak meluas.

Kata kunci : Teluk Lamong, Proteksi Tenaga Listrik, Overcurrent,

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS AND PLANNING SYSTEM COORDINATION PROTECTION SYSTEM DISTRIBUTION ELECTRICITY IN PORT OF LAMONG BAY SURABAYA

Name Of Student : Arbiantoko Permadi Purnomo
NRP : 2215105052
Supervisor 1 : Ir. Sjamsjul Anam, MT.
Supervisor 2 : Vita Lystianingrum B.P, ST., M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Port loading and unloading in Lamong Bay is part of the working area of PT. Pelindo III. The port of loading and unloading plays a very important role in East Java, especially in the smooth flow of logistics distribution of imported goods and export goods which every year the number continues to increase in proportion to the rate of population growth and economic growth.

With the Green Port program initiated by the government to reduce the greenhouse gas effect and efficiency in energy usage in ports in Indonesia, Lamong Bay loading ports implement electrical system on all the equipments so that the main source comes from PLN and centralized power plant So reliability in the electricity is the main thing to note for the smooth process of loading and unloading as well as realize the vision of becoming a port of international loading and unloading.

Coordination of electrical protection is very important and affect the reliability of electricity, especially the problem of continuity of power distribution. In this final project discuss about the analysis and planning of coordination of electricity distribution system protection in port industry of loading and unloading by arranging trip time delay, setting of lowset and highset relay by considering the development of number of source and addition of equipment amount so that if there is interference can trip and coordinate well to Securing and isolating the interference so as not to expand.

Keywords: Lamong Bay, Power Protection, Overcurrent,

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga saya selaku penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul :

ANALISIS DAN PERENCANAAN SISTEM KOORDINASI PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI KELISTRIKAN PADA PELABUHAN TELUK LAMONG SURABAYA

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, saya sebagai penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. ALLAH SWT yang tanpa-Nya penulis tidak mungkin bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan doa dan semangat untuk selalu mengingatkan saya menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Pak Sjamsjul Anam dan Ibu Vita Lystianingrum selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, perhatian, dan pendapat yang diberikan kepada penulis selama proses pengerjaan tugas akhir ini.
4. Teman-teman LJ Elektro angkatan 2015 yang selalu bekerja keras mensupport TA saya, dan juga terimakasih untuk “.....”.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi pembaca. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk pengembangan ke arah yang lebih baik.

Surabaya, Juli 2017

Arbiantoko Permadi P

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL	
PERSYARATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Motodelogi	3
1.6 Sistematika Laporan	3
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Hubung Singkat	5
2.2 Gangguan Sistem Tenaga Listrik	5
2.3 Jenis Gangguan Sistem Tenaga Listrik	6
2.3.1 Gangguan Beban Lebih (Overload)	6
2.3.2 Gangguan Hubung Singkat	6
2.4 Komponen Sistem Tenaga Listrik	8
2.4.1 Circuit Breaker dan Pemutus Tenaga (PMT)	8
2.4.2 Fuse	8
2.4.3 Relay	8
2.4.4 Trafo Arus	8
2.5 Diagram Impedansi	9
2.5.1 Menghitung Nilai Impedansi Grid	10
2.5.2 Menghitung Nilai Impedansi Generator	10
2.5.3 Menghitung Nilai Impedansi Trafo	10
2.5.4 Menghitung Nilai Impedansi Motor	10
2.5.5 Menghitung Nilai Impedansi Lumped	11
2.5.6 Menghitung Nilai Impedansi Kabel	11
2.6 Penyebab Relay Bekerja	12
2.6.1 Gangguan Beban Lebih	12
2.6.2 Gangguan Hubung Singkat	12
2.6.3 Gangguan Tegangan Lebih	13

2.7 Pentanahan Sistem Tenaga	13
2.7.1 Sistem Tanpa Pentanahan	13
2.7.2 Sistem Pentanahan Tanpa Impedansi	14
2.7.3 Sistem Pentanahan Reaktansi	14
2.7.4 Sistem Pentanahan Resistansi	15
2.8 Syarat – Syarat Relay Pengaman	15
2.8.1 Kecepatan Proses Relay	15
2.8.2 Kepekaan (Sensitivitas)	16
2.8.3 Selektivitas	16
2.8.4 Keandalan	17
2.8.5 Ekonomis	18
2.9 Karakteristik Kurva Arus Lebih	18
2.9.1 Kurva Instantaneous Relay	18
2.9.2 Kurva Definite Relay	18
2.9.3 Kurva Inverse Relay	19
2.9.4 Kurva Inverse Definite Minimum Relay	20
BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT. TERMINAL TELUK LAMONG	21
3.1 Metode Analisa	21
3.2 Sistem Kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong	21
BAB IV KOORDINASI RELAY PENGAMAN PT. TERMINAL TELUK LAMONG	25
4.1 Analisa Arus Hubung Singkat	25
4.2 Koordinasi Relay Pengaman	26
4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi Relay Pengaman	26
4.3.1 Tipikal 1	26
4.3.2 Tipikal 2	27
4.3.3 Tipikal 3	27
4.4 Koordinasi Pengaman OCR	28
4.4.1 Koordinasi OCR Tipikal 1A	29
4.4.2 Koordinasi OCR Tipikal 1B	37
4.4.3 Koordinasi OCR Tipikal 2	46
4.4.4 Koordinasi OCR Tipikal 3	53
4.5 Koordinasi Pengaman GFR	61
4.5.1 Koordinasi GFR Pada Tegangan 20 KV	61
4.5.2 Koordinasi GFR Pada Tegangan 6,6 KV	66
4.6 Analisa Koordinasi OCR Pada SLD Pengembangan	70
4.6.1 Analisa Pengembangan Tipikal 1A	70
4.6.2 Analisa Pengembangan Tipikal 1B	74

4.7 Perbandingan Setting OCR.....	77
4.7.1 Tipikal 1	77
4.7.2 Tipikal 2	79
4.7.3 Tipikal 3	80
BAB V PENUTUP	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	83
RIWAYAT PENULIS	85

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Single Line Diagram.....	9
Gambar 2. 2 Contoh SLD Diagram Impedansi	11
Gambar 2. 3 Sistem Tanpa Pentanahan	13
Gambar 2. 4 Sistem Pentanahan Tanpa Impedansi.....	14
Gambar 2. 5 Sistem Pentanahan Reaktansi	14
Gambar 2. 6 Sistem Pentanahan Resistansi.....	15
Gambar 2. 7 Diagram Blok serangkaian Proses Kerja Relay.....	16
Gambar 2. 8 Contoh Selektivitas Relay Pengaman	17
Gambar 2. 9 Karakteristik Kurva Instantaneous Relay.....	18
Gambar 2. 10 Karakteristik Kurva Definite Time	19
Gambar 2. 11 Karakteristik Kurva IDMT	20
Gambar 4. 1 Tipikal 1A	26
Gambar 4. 2 Tipikal 1B.....	27
Gambar 4. 3 Tipikal 2	27
Gambar 4. 4 Tipikal 3	28
Gambar 4. 5 Tipikal 1A Eksisting	29
Gambar 4. 6 TCC Tipikal 1A Eksisting 2014	30
Gambar 4. 7 Sequence of Operation Tipikal 1A Eksisting	30
Gambar 4. 8 TCC Tipikal 1A Resetting.....	36
Gambar 4. 9 Sequence of Operation Tipikal 1A Resetting	36
Gambar 4. 10 Tipikal 1B Eksisting	37
Gambar 4. 11 TCC Tipikal 1B Eksisting	38
Gambar 4. 12 Sequence of Operation Tipikal 1B Eksisting	38
Gambar 4. 13 TCC Tipikal 1B Resetting	45
Gambar 4. 14 Sequence Of Operation Tipikal 1B Resetting	45
Gambar 4. 15 Tipikal 2 Eksisting	46
Gambar 4. 16 TCC Tipikal 2 Eksisting.....	47
Gambar 4. 17 Sequence Of Operation Tipikal 2 Eksisting.....	47
Gambar 4. 18 TCC Tipikal 2 Resetting	52
Gambar 4. 19 Sequence Of Operation Tipikal 2 Resetting	53
Gambar 4. 20 Tipikal 3 Eksisting	53
Gambar 4. 21 TCC Tipikal 3 Eksisting	54
Gambar 4. 22 Sequence Of Operation Tipikal 3 Eksisting.....	54
Gambar 4. 23 TCC Tipikal 3 Resetting	60
Gambar 4. 24 Sequence Of Operation Tipikal 3 Resetting	61
Gambar 4. 25 Tipikal GFR 20KV	62
Gambar 4. 26 TCC Tipikal GFR 20KV Eksisting.....	63

Gambar 4. 27 Sequence Of Operation Tipikal GFR 20KV Eksisting	63
Gambar 4. 28 TCC Tipikal GFR 20 KV Resetting	65
Gambar 4. 29 Sequence Of Operation Tipikal GFR 20 KV Resetting	66
Gambar 4. 30 Tipikal GFR 6,6 KV	66
Gambar 4. 31 TCC Tipikal GFR 6,6 KV Eksisting	67
Gambar 4. 32 Sequence Of Operation Tipikal GFR 6,6 KV Eksisting ...	67
Gambar 4. 33 TCC Tipikal GFR 6,6 KV Resetting	69
Gambar 4. 34 Sequence Of Operation Tipikal GFR 6,6 KV Resetting ...	69
Gambar 4. 35 SLD 2014 Eksisting.....	70
Gambar 4. 36 Perencanaan SLD Pengembangan Tahap 4	71
Gambar 4. 37 SLD Tipikal 1B Eksisting.....	75
Gambar 4. 38 SLD Tipikal 1B Pengembangan.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rangkaian dan Persamaan Gangguan Hubung Singkat	6
Tabel 3. 1 Impedansi Trafo Daya	23
Tabel 4. 1 Resetting Koordinasi GFR 20 KV.....	65
Tabel 4. 2 Resetting Koordinasi GFR 6,6 KV.....	68
Tabel 4. 3 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 1A	74
Tabel 4. 4 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 1B.....	76
Tabel 4. 5 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 1	77
Tabel 4. 6 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 2	79
Tabel 4. 7 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 3	80

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Terminal Teluk Lamong merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri jasa layanan terminal pelabuhan bongkar muat. PT Terminal Teluk Lamong merupakan anak perusahaan dari PT Pelabuhan Indonesia III atau yang biasa disebut PT Pelindo III. PT Terminal Teluk Lamong sangat berperan penting di Jawa Timur khususnya dalam kelancaran arus distribusi logistik barang impor maupun ekspor. Pada saat ini PT Terminal Teluk Lamong telah mengoprasikan terminal bongkar curah yang sebelumnya hanya fokus melayani bongkar muat kontainer. Perkebangan - perkembangan ini dilakukan karena kondisi pengiriman barang yang memang tidak memungkinkan untuk dikemas dalam kontainer. Untuk mengantisipasi semakin meningkatnya permintaan jasa bongkar muat kontainer dan curah dalam negeri maupun luar negeri, PT Terminal teluk lamong terus menambah peralatan bongkar dan perluasan dermaga. Disisi lain dengan adanya program pemerintah dalam mendukung pengurangan efek gas rumah kaca dan meminimalkan jumlah emisi di pelabuhan sehingga menjadikan PT Terminal Teluk Lamong sebagai pelabuhan yang menerapkan konsep Green Port yang dalam melakukan proses bongkar muat sebagaian besar peraatannya telah dielektrifikasi menggunakan sumber terpusat dari PLN maupun pembangkit lokal yang ada di PT Terminal Teluk Lamong.

Untuk menerapkan konsep tersebut dibutuhkan beberapa fasilitas dan penambahan perlatan serta pengembangan dalam bidang sistem distribusi tenaga listrik untuk mengoptimalkan kerja semua peralatan. Selain itu untuk menunjang kontinuitas penyaluran dan kerja bongkar muat diperlukan suatu sistem distribusi yang handal. Untuk memperoleh keandalan dari suatu sistem diperlukan pertimbangan jangkauan pengindraan peralatan pengaman, sensitifitas pengaman dan pembahasan koordinasi peralatan pengaman.

Dalam tugas akhir ini akan membahas mengenai analisa sistem koordinasi pengaman pada sistem distribusi tenaga listrik di teluk lamong dengan membandingkan antara single line diagram yang telah terpasang (*existing*) dan single line digram dengan penambahan peralatan sampai pembangunan tahap. Analisa ini bertujuan untuk mendapatkan keandalan sistem jaringan distribusi tenaga listrik di Teluk Lamong dengan mengatur koordinasi kerja relay pengaman sehingga dapat difungsikan

sebagai pengaman utama dan pengaman cadangan. Dengan koordinasi relay yang baik nantinya mengisolir gangguan, meningkatkan keandalan dan kontinuitas supply daya akan tetap terjaga optimal sehingga kedepannya menjadikan pelabuhan bongkar muat skala internasional.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini yaitu

1. Penentuan tipikal dan urutan kerja relay pengaman OCR dan GFR.
2. Perhitungan arus hubung singkat yang terjadi dan membandingkan antara SLD eksisting 2014 dan SLD dengan pengembangan.
3. Menganalisa setting koordinasi relay pengaman dan membandingkan setting SLD eksisting 2014, resetting dan SLD pengembangan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Relay yang disetting hanya Overcurrent Relay dan Ground Fault Relay.
2. Simulasi hanya dilakukan pada software ETAP 12.6
3. Studi kasus dilaksanakan di PT Terminal Teluk Lamong.

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Mengevaluasi urutan kerja relay pengaman dalam mengisolir saat terjadi gangguan pada sistem distribusi PT. Terminal Teluk Lamong.
2. Menganalisa dan mengetahui besar arus hubung singkat sistem pada SLD eksisting 2014 dan jika dilakukan pengembangan/ penambahan peralatan untuk menentukan setting dan keandalan sistem proteksi .
3. Mendapatkan hasil setting koordinasi relay pengaman yang tepat sebagai rekomendasi dalam melakukan evaluasi, setting ulang maupun analisa pengaman saat adanya penambahan peralatan pada sistem distribusi.

1.5 Metodologi

Metodologi dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- **Studi Kasus**

Analisa dan studi dilakukan dengan mengumpulkan data – data yang diperlukan dengan mengirimkan proposal penelitian dan permohonan data kepada pihak Engineer PT Terminal Teluk Lamong.

- **Studi Literatur**

Kegiatan ini dilakukan dengan mengidentifikasi masalah yang akan dibahas serta mempelajari berbagai referensi buku literature baik dari buku, *e-book* maupun jurnal yang menunjang teori dalam analisa hubung singkat, penggunaan program simulasi ETAP 12.6 serta teori tentang pengaturan waktu koordinasi relay.

- **Analisa Data dan Pemodelan Sistem**

Melakukan analisa data yang telah dikumpulkan dan referensi dari beberapa literatur pada kondisi gangguan hubung singkat sehingga mendapatkan nilai – nilai (parameter) untuk melakukan pemodelan sistem pada ETAP 12.6

- **Simulasi**

Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa kinerja masing - masing relay dapat berfungsi sesuai yang diharapkan sehingga membentuk koordinasi kerja trip yang tepat antara relay utama dan relay cadangan. Dari pengujian ini juga dilakukan penganalisaan untuk memperoleh data-data seberapa besar nilai *error* sistem.

- **Pembuatan Kesimpulan**

Kesimpulan didapat dari hasil simulasi kerja relay pengamanan pada software ETAP 12.6 dengan membandingkan koordinasi relay antara single Line Diagram existing dan Single Line diagram dengan pengembangan dan penambahan sistem sampai pembangunan tahap 4.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bab pertama diawali dengan pendahuluan, latar belakang, alasan, dan tujuan dari pemilihan judul tugas akhir.
2. Bab kedua berisi tentang penjelasan teori penunjang yang terkait dengan tugas akhir meliputi gangguan dan sistem pengamanan tenaga listrik, sebab – sebab timbulnya gangguan, tentang relay

pengaman, klasifikasi relay pengaman, koordinasi relay pengaman.

3. Bab ketiga berisi sistem kelistrikan di PT Terminal Teluk Lamong.
4. Bab keempat berisi tentang hasil analisa data dan perhitungan pengaturan waktu koordinasi relay serta hasil simulasi ETAP 12.6.
5. Bab kelima berisi tentang kesimpulan dan saran yang didapat dari tugas akhir agar bisa dikembangkan lebih lanjut.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Hubung Singkat

Hubung singkat atau yang biasa disebut *short circuit* merupakan salah satu penyumbang terbesar jenis gangguan pada sistem tenaga listrik. Gangguan ini terjadi akibat adanya dua polaritas yang bersatu sehingga menimbulkan sirkuit/ jaringan dengan resistansi sangat rendah dan menyebabkan arus yang mengalir bernilai sangat besar sehingga akan merusak peralatan karena tegangan pada sistem tidak berada pada kondisi yang nominal.

2.2 Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik keandalan penyaluran adalah prioritas utama. Keandalan penyaluran dinilai bagus jika sedikit sekali terjadi gangguan pada sistem tenaga yang menyebabkan proses penyaluran terhenti (padam). Jenis gangguan pada sistem tenaga sangatlah banyak tetapi gangguan – gangguan tersebut dapat dikelompokkan asalnya menjadi 2 yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem tenaga listrik ataupun gangguan yang berasal dari luar sistem tenaga listrik. Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem meliputi:

1. Pemasangan peralatan yang kurang baik.
2. Kesalahan mekanis karena melebihi batas operasi.
3. Kerusakan material karena sudah melebihi batas operasi atau pun karena kualitas dari komponen peralatan yang kurang baik.

Sedangkan penyebab gangguan yang berasal dari luar sistem meliputi:

1. Gangguan-gangguan mekanis karena kesalahan koordinasi dengan pekerjaan lain seperti pengerjaan galian saluran, pembuatan trotoar, pengecoran jalan dll. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (breakdown).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi :

1. Gangguan yang bersifat temporer merupakan gangguan yang terjadi sangat singkat waktunya sehingga sebelum peralatan pengaman bekerja, gangguan tersebut telah hilang
2. Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan dan/atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

2.3 Jenis Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga contohnya sangat banyak dan efeknya juga sangat banyak. Dalam tugas akhir ini hanya akan membahas jenis gangguan arus berlebih akibat kesalahan operasi maupun akibat adanya gangguan. Sebab – Sebab Timbulnya Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan–gangguan arus lebih yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut yaitu:

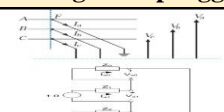
2.3.1 Gangguan Beban Lebih (Overload)

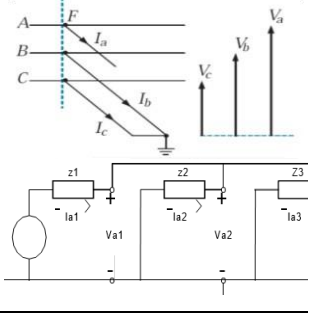
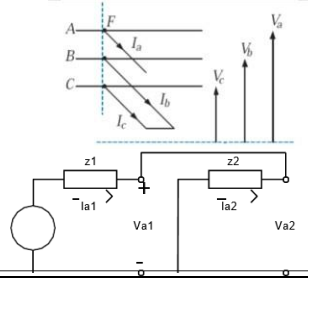
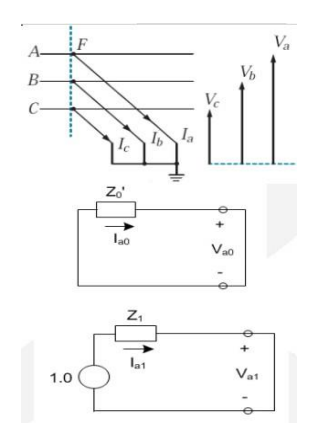
Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut. Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengaman yang terpasang.

2.3.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu.

Tabel 2. 1 Rangkaian dan Persamaan Gangguan Hubung Singkat

Jenis hubung singkat	Rangkaian hubung singkat dan rangkaian pengganti	Persamaan
1 fasa ke tanah		$\frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$

Jenis hubung singkat	Rangkaian hubung singkat dan rangkaian pengganti	Persamaan
2 Fasa ke Tanah		$\frac{V_f}{Z_1 + Z_2 Z_0 / (Z_2 + Z_0)}$
Antar Fasa		$\left \pm j \frac{\sqrt{3} V_f}{Z_1 + Z_2} \right $
3 fasa ke tanah (simetri)		$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$

2.4 Komponen Sistem Tenaga Listrik

Secara umum, komponen-komponen sistem proteksi terdiri dari:

1. Circuit Breaker, CB (Sakelar Pemutus, PMT)
2. Fuse
3. Relay
4. Trafo arus (Current Transformer, CT)

2.4.1 Circuit Breaker dan Pemutus Tenaga (PMT)

Circuit Breaker atau Sakelar Pemutus Tenaga (PMT) adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, arus kerja nominal dan juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal.

2.4.2 Fuse

Fuse Adalah suatu alat pemutus, dimana dengan meleburnya bagian dari komponen yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian. Pelebur tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai dalam waktu tertentu. Oleh karena pelebur ditujukan untuk menghilangkan gangguan permanen, maka pelebur dirancang meleleh pada waktu tertentu pada nilai arus gangguan tertentu.

2.4.3 Relay

Relay adalah Sebuah alat yang bertugas menerima/mendeteksi besaran tertentu untuk kemudian mengeluarkan perintah sebagai tanggapan (respons) atas besaran yang dideteksinya. Berikut ini jenis-jenis relay yang dibahas pada tugas akhir ini :

1. Relay Arus Lebih (OCR)

Merupakan relay Pengaman yang bekerja karena adanya besaran arus yang bernilai sangat besar pada jaringan sistem tenaga listrik karena adanya hubung singkat antar fasa.

2. Relay Hubung Tanah (GFR)

Merupakan relay Pengaman yang bekerja karena adanya besaran arus yang mengalir ke ground yang diakibatkan karena hubung singkat fasa ke ground.

2.4.4 Trafo Arus

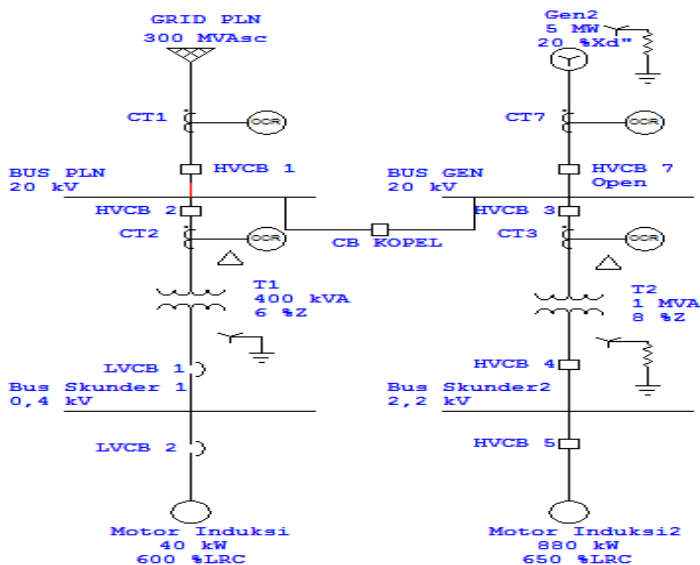
Current transformer (CT) atau Trafo Arus adalah peralatan pada sistem tenaga listrik yang berupa trafo yang digunakan untuk pengukuran

arus yang besarnya hingga ratusan ampere dan arus yang mengalir pada jaringan tegangan tinggi. Di samping untuk pengukuran arus, trafo arus juga digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh, dan rele proteksi. Kumparan primer trafo dihubungkan seri dengan rangkaian atau jaringan yang akan diukur arusnya sedangkan kumparan sekunder dihubungkan dengan meter atau dengan rele proteksi.

2.5 Diagram Impedansi

Diagram Impedansi merupakan suatu metode untuk melakukan perhitungan nilai impedansi sistem dengan cara memodelkan komponen komponen sistem tenaga menjadi suatu model impedansi. Dengan metode diagram impedansi ini nantinya dapat menghitung besarnya arus hubung singkat yang akan mengalir dan dapat menghitung besarnya arus kontribusi yang disumbangkan oleh komponen – komponen sistem tenaga listrik saat terjadi hubung singkat.

Perhitungan praktis untuk menghitung besar nilai impedansi dan besar nilai arus hubung singkat dalam sistem tenaga listrik tegangan menengah dapat dilakukan sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Contoh Single Line Diagram

2.5.1 Menghitung Nilai Impedansi Grid

Pada perhitungan nilai impedansi grid parameter yang dibutuhkan meliputi MVA base sistem dan MVA rating grid sehingga didapatkan :

$$Z_{pu} = \frac{MVA \text{ base}}{MVA \text{ rating}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 1)$$

2.5.2 Menghitung Nilai Impedansi Generator

Pada perhitungan nilai impedansi generator parameter yang dibutuhkan meliputi MVA base, MW rating, PF generator, X_d'' generator, dan Rating tegangan. Sehingga didapatkan:

$$Z_{gen} = \frac{KV^2}{MW \text{ rating}} \times \frac{X_d''}{PF \text{ Gen}} = \dots\dots \Omega \quad \dots\dots\dots (2. 2)$$

$$Z_{base} = \frac{KV^2}{MVA \text{ base}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 3)$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_{gen}}{Z_{base}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 4)$$

2.5.3 Menghitung Nilai Impedansi Trafo

Pada perhitungan nilai impedansi trafo parameter yang dibutuhkan meliputi MVA base, MVA rating trafo, Z positif trafo, dan Rating tegangan trafo primer maupun sekunder. Sehingga didapatkan:

$$Z_{trafo} = \frac{KV^2}{MVA \text{ rating}} \times Z \text{ positif} = \dots\dots \Omega \quad \dots\dots\dots (2. 5)$$

$$Z_{base} = \frac{KV^2}{MVA \text{ base}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 6)$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_{trafo}}{Z_{base}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 7)$$

2.5.4 Menghitung Nilai Impedansi Motor

Pada perhitungan nilai impedansi motor parameter yang dibutuhkan meliputi MVA base, MW rating motor, LRC motor, PF motor dan Rating tegangan motor. Sehingga didapatkan:

$$Z_{motor} = \frac{KV^2}{MW \text{ rating}} \times \frac{PF}{LRC} = \dots\dots \Omega \quad \dots\dots\dots (2. 8)$$

$$Z_{base} = \frac{KV^2}{MVA \text{ base}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 9)$$

$$Z_{pu} = \frac{Z_{motor}}{Z_{base}} = \dots\dots \text{ p.u} \quad \dots\dots\dots (2. 10)$$

2.5.5 Menghitung Nilai Impedansi Lumped

Pada perhitungan nilai impedansi beban lumped parameter yang dibutuhkan meliputi MVA base, MVA rating Lumped, Komposisi beban motor pada lumped, lumped, LRC motor, dan Rating tegangan motor. Sehingga didapatkan:

$$\% \text{ motor} = \frac{\% \text{ Motor}}{100} \times \text{MVA rating} = \dots\dots \text{MVA} \dots\dots (2. 11)$$

$$Z_{\text{lumped}} = \frac{KV^2}{\text{MVA motor}} \times \frac{1}{\text{LRC}} = \dots\dots \Omega \dots\dots (2. 12)$$

$$Z_{\text{base}} = \frac{KV^2}{\text{MVA base}} = \dots\dots \text{p.u} \dots\dots (2. 13)$$

$$Z_{\text{pu}} = \frac{Z_{\text{lumped}}}{Z_{\text{base}}} = \dots\dots \text{p.u} \dots\dots (2. 14)$$

2.5.6 Menghitung Nilai Impedansi Kabel

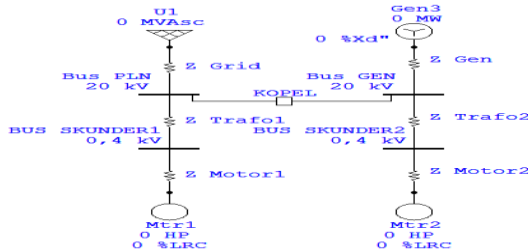
Pada perhitungan nilai impedansi kabel parameter yang dibutuhkan meliputi MVA base, Nilai impedansi, reaktansi kabel dan Rating tegangan motor. Sehingga didapatkan:

$$Z_{\text{kabel}} = \sqrt{Z^2 + X^2} = \dots\dots \Omega \dots\dots (2. 15)$$

$$Z_{\text{base}} = \frac{KV^2}{\text{MVA base}} = \dots\dots \text{p.u} \dots\dots (2. 16)$$

$$Z_{\text{pu}} = \frac{Z_{\text{kabel}}}{Z_{\text{base}}} = \dots\dots \text{p.u} \dots\dots (2. 17)$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui berapa besar nilai impedansi tiap komponen sehingga nantinya dapat menghitung besar arus hubung singkat dan besar arus kontribusi. Diagram impedansi dapat disusun sesuai skema single line diagram sistem dengan hanya mengganti komponen sistem menjadi nilai impedansi. Seperti gambar 2.5.1



Gambar 2. 2 Contoh SLD Diagram Impedansi

Dari metode diagram impedansi yang telah dibuat nantinya untuk menghitung besar arus hubung singkat dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_{sc} = \frac{1}{Z_{p.u.}} \times \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times KV_{Fault}} = \dots\dots\dots \text{Ampere} \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

2.6 Penyebab Relay Bekerja

Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai harga yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan. Sebab – Sebab Timbulnya Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan–gangguan arus lebih yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut yaitu:

2.6.1 Gangguan Beban Lebih

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut. Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengamanan yang terpasang

2.6.2 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu.

Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetri. Gangguan tidak simetri ini terjadi sebagai akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah.

Gangguan-gangguan tidak simetri akan menyebabkan mengalirnya arus tak seimbang dalam sistem sehingga untuk analisa gangguan digunakan metode komponen simetri untuk menentukan arus maupun tegangan di semua bagian sistem setelah terjadi gangguan. Gangguan ini

akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. Gangguan dapat diperkecil dengan cara pemeliharaannya.

2.6.3 Gangguan Tegangan Lebih

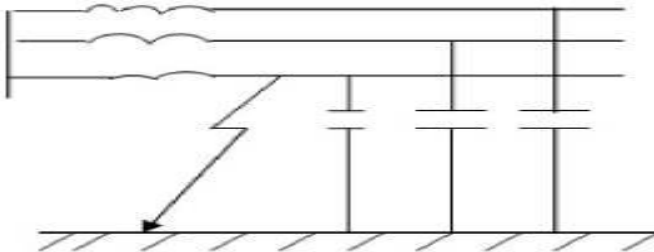
Gangguan tegangan lebih diakibatkan karena adanya kelainan pada sistem. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena gangguan petir dan gangguan surja hubung.

2.7 Pentanahan Sistem Tenaga

Sistem tenaga listrik merupakan sistem yang selalu berkembang setiap saat seperti bertambahnya jumlah beban konsumen sehingga jumlah daya yang harus dibangkitkan juga perlu adanya penambahan yang sebanding ataupun lebih banyak dari jumlah beban. Dengan demikian bila terjadi gangguan hubung singkat, arus yang timbulkan juga semakin besar serta busur listrik tersebut tidak dapat padam dengan sendirinya. Sehingga dalam sistem kelistrikan modern tidak lagi dibiarkan terapung atau yang biasa disebut sistem kelistrikan delta. Sistem tersebut harus dipasangkan grounding pada sistem netralnya melalui resistansi maupun reaktansi supaya dapat memperkecil nilai arus hubung singkat yang menuju tanah. Jenis- jenis sistem menurut pentanahannya meliputi

2.7.1 Sistem Tanpa Pentanahan

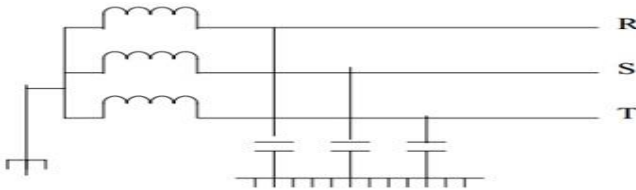
Pada sistem tanpa pentanahan ini ketika terjadi gangguan hubung singkat fasa – tanah akan menyebabkan tegangan sistem fasa – tanah meningkat nilainya menjadi sama dengan tegangan fasa – fasa. Hal ini menyebabkan peningkatan arus pada tiap fasa sebesar $\sqrt{3}$ dan menyebabkan pergeseran fasa sehingga arus gangguan tanah menjadi hasil penjumlahan arus dari fasa normal ($I_a + I_c$).



Gambar 2. 3 Sistem Tanpa Pentanahan

2.7.2 Sistem Pentanahan Tanpa Impedansi

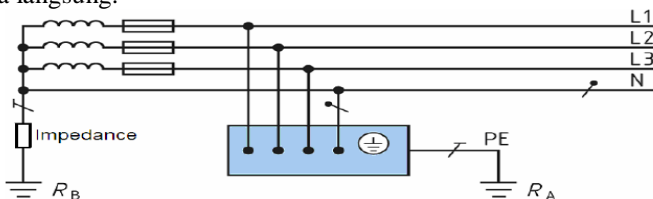
Pada sistem - sistem yang diketanahkan tanpa impedansi bila terjadi gangguan ke tanah selalu mengakibatkan terganggunya saluran karena nilai arusnya gangguannya sangat besar karena saluran hubung siingkat memiliki impedansi mendekati 0Ω . Gangguan tersebut harus segera diatas dengan cara membuka pemutus daya pada sistem tenaga tersebut. Salah satu tujuan meggunakan pentanahan tanpa impedansi yaitu untuk membatasi pergeseran tegangan phasa karena adanya beban yang tidak simetri pada sistem tenaga maupun karena adanya hubung singkat pada sistem.



Gambar 2. 4 Sistem Pentanahan Tanpa Impedansi

2.7.3 Sistem Pentanahan Reaktansi

Metode ini menggunakan reaktansi induktif yang dipasangn antara netral generator dan tanah. Reaktansi induktif dipilih untuk menghasilkan rasio X_0/X_1 pada terminal terminal mesin sehingga mendapatkan range antara 1 sampai dengan 10. Pada kondisi dilapagan biasanya untuk mempertahankan sistem yang diketanahkan secara efektif yaitu dengan menjaga rasio X_0/X_1 berada pada posisi range ke-3 atau kurang dari nilai tersebut. Metode pentanahan jenis ini secara umum digunakan pada generator yang dihubungkan secara langsung pada sistem kelistrikan distribusi yang sistem kelistrikannya diketanahkan secara langsung.

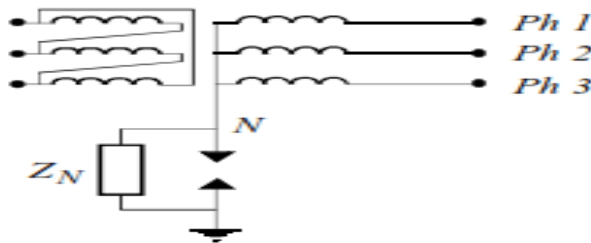


Gambar 2. 5 Sistem Pentanahan Reaktansi

2.7.4 Sistem Pentanahan Resistansi

Metode pentanahan dengan menggunakan resistansi merukan tipe pentanahan yang sering digunakan pada sistem tenaga listrik transmisi maupun sistem tenaga listrik distribusi. Sistem pentanahan ini biasanya digunakan pada sistem pentanahan netral trafo daya yang ada di gardu induk PLN maupun gardu induk distribusi di industri. Sistem pentanahan ini memiliki macam – macam tipe, seperti:

1. High Impedance Grounding
2. Low Impedance Grounding
3. Grounding Transformer



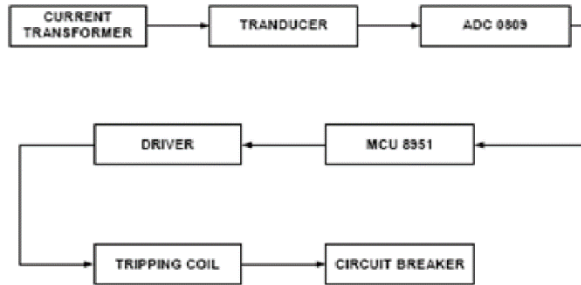
Gambar 2. 6 Sistem Pentanahan Resistansi

2.8 Syarat – Syarat Relay Pengaman

Dalam pemilihan dan penggunaan relay pengaman yang akan dipasangkan sebagai relay utama terlebih dahulu harus memperhatikan syarat- syarat relay pengaman karena relay pengaman merupakan kunci kelangsungan kerja dari sistem tenaga listrik yang akan di proteksi. Maka untuk menjamin keandalan kinerja pengaman dan keandalan sistem, relay pengaman harus memnuhi syarat – syarat antara lain:

2.8.1 Kecepatan Proses Relay

Untuk mengisolasi gangguan agar tidak meluas karena akibat adanya gangguan, maka untuk daerah yang terganggu secepat mungkin harus dibebaskan dari sistem. Untuk Menciptakan kecepatan proses relay yang baik mungkin saja suatu sistem pengaman terpaksa waktu tunda koordinasi harus di atur dengan delay yang tidak terlalu lama karena dengan terlambatnya kerja relay pengaman dapat mengganggu kestabilan sistem ataupun dapat merusak peralatan karena tegangan operasi yang tidak sesuai rating operasi kerja.



Gambar 2. 7 Diagram Blok serangkaian Proses Kerja Relay

2.8.2 Kepekaan (Sensitivitas)

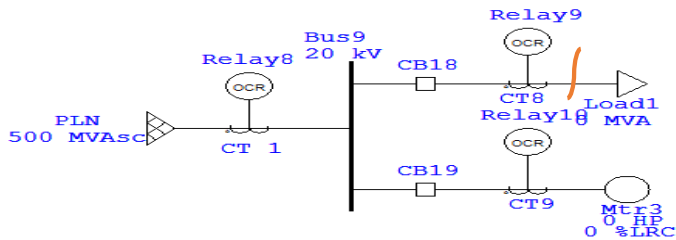
Pada prinsipnya relay harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi adanya gangguan pada sistem tenaga listrik yang diamankan meskipun kondisi arus gangguan yang dirasakan minimum sekali. Kepekaan relay diartikan sebagai kemampuan merespon bila kondisi kerja cenderung menyimpang dari kondisi operasi kerja normalnya. Kepekaan kerja relay pengaman dapat dituliskan dengan persamaan faktor sensitif K_s (Konstanta Kepekaan) yang diperoleh dari perbandingan antara arus hubung singkat minimum sistem yang terganggu dengan arus pick-up relay.

$$K_s = \frac{\text{Arus Hubung Singkat Minimum}}{\text{Arus Pick-up relay}} \dots\dots\dots (2. 19)$$

Dari beberapa referensi yang telah dibaca bahwa nilai konstanta K_s berada pada range 0,8

2.8.3 Selektivitas

Relay pengaman harus bisa membedakan daerah kerjanya sebagai relay pengaman utama atau relay pegaman backup. Relay pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya bagia yang terganggu saja yang menjadi kawasan pengaman utamanya. Pengamanan sedemikian ini disebut pengangamanan yang seselektif mungkin. Syarat relay pengaman bekerja seselektif mungkin seperti:



Gambar 2. 8 Contoh Selektivitas Relay Pengaman

Pada rangkaian (gambar 2.8.3) bila terjadi gangguan hubung singkat di wilayah relay 9, koordinasi pengaman dibuat sedemikian rupa sehingga hanya relay 9 yang berfungsi sebagai pengaman utama dan hanya CB18 yang akan bekerja. Untuk relay 8 akan berfungsi sebagai relay bantu jika CB18 ataupun relay 9 mengalami masalah teknis

2.8.4 Keandalan

Untuk memilih sebuah relay yang akan digunakan sebagai pengaman sistem tenaga listrik harus perlu dipertimbangkan syarat keandalannya karena untuk memperoleh hasil yang sesuai relay harus dalam keadaan siap setiap waktu. Terdapat 3 aspek penting dalam syarat keandalan relay pengaman, meliputi:

1. Dependability

Merupakan relay pengaman yang dinilai dari tingkat kerjanya atau keandalan kemampuan. Pada prinsipnya relay pengaman harus dapat mensensing arus yang mengalir pada sistem untuk bisa mendeteksi jika ada arus gangguan yang mengalir setiap saat dan relay tidak boleh gagal bekerja/ malfungsi.

2. Security

Merupakan tingkat kepastian untuk tidak salah bekerja. Kondisi salah bekerja adalah kondisi dimana relay relay pengaman bekerja saat yang mengalir hanya arus operasi nominal ataupun akibat adanya arus kontribusi dari beban.

3. Availability

Merupakan syarat untuk membandingkan antara waktu relay dalam keadaan standby dan waktu total operasi sampai mengirimkan sinyal trip ke CB. Keandalan relay dihitung dengan jumlah relay bekerja terhadap jumlah gangguan yang terjadi dengan standar teknik sebesar 40%.

2.8.5 Ekonomis

Sistem pengamanan peralatan juga harus mempertimbangkan sisi ekonomis dari pemasangan peralatan pengamanan tersebut. Karena itu tidak semua peralatan harus dilengkapi dengan relay pengaman yang lengkap karena harga peralatan pengaman juga harus diperhitungkan tanpa mengabaikan efektivitas penyaliran arus listrik. Sisi ekonomis perlu diperhitungkan setelah aspek teknis telah terpenuhi untuk kelayakan operasi peralatan.

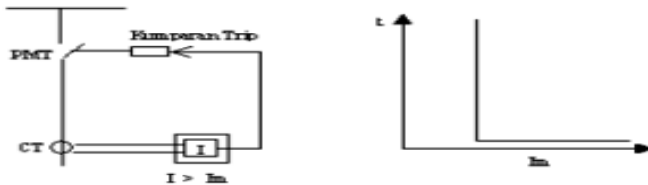
2.9 Karakteristik Kurva Arus Lebih

Karakteristik kurva relay arus lebih jenisnya sangat beragam tergantung metode yang digunakan oleh vendor pembuat. Pada kondisi di lapangan khususnya di Indonesia karakteristik kurva relay arus lebih banyak menggunakan jenis kurva seperti:

2.9.1 Kurva Instantaneous Relay

Prinsip kerja jenis relay ini adalah tanpa penundaan waktu tetapi masih beroperasi dengan waktu yang cepat sebesar 0,1 detik bahkan ada yang dioperasikan di waktu kurang dari 0,08 detik.

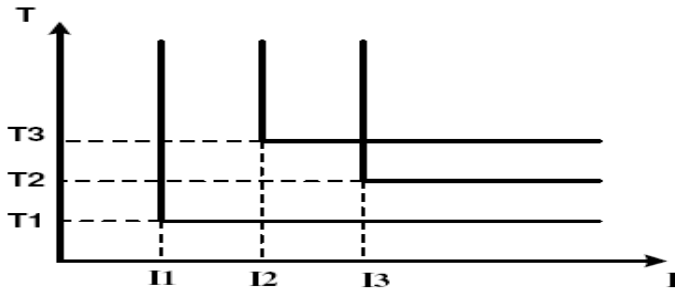
Bekerjanya relay ini berdasarkan besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih (telah ditentukan) biasanya range pengaturan arus hubung singkat berada pada posisi antara arus set hubung singkat minimum sampai dengan arus hubung singkat maksimum.



Gambar 2. 9 Karakteristik Kurva Instantaneous Relay

2.9.2 Kurva Definite Relay

Pengaturan proteksi dengan menggunakan karakteristik kurva definite time didasarkan pada waktu kerjanya proteksi dengan tidak melihat besarnya arus gangguan. Kurva relay dengan karakteristik definite time dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 10 Karakteristik Kurva Definite Time

Dari gambar 2.9.2 dapat dilihat karakteristik waktu delay dan arus penyetelan definite time relay dapat diatur sesuai keinginan perancang dengan memperhatikan waktu tunda koordinasi relay pengaman sebesar 0,2 detik. Keuntungan dari karakteristik definite adalah koordinasinya mudah dan waktu kerjanya tidak bergantung pada perubahan kapasitas pembangkit (sumber yang ada pada sistem kelistrikan). Tetapi dengan karakteristik kurva definite time relay juga memiliki kelemahan yaitu terjadinya komulasi waktu pada relay yang dihilu.

2.9.3 Kurva Inverse Relay

Pengaturan sistem pengaman kelistrikan dengan menggunakan karakteristik kurva inverse time relay merupakan kurva yang kerjanya terbalik antara arus yang disensing dan waktu kerja. Dimana jika terjadi hubung singkat dan arus saluran sangat besar nilainya maka waktu yang dibutuhkan oleh pemutus daya (CB) sangatlah kecil/ sangat cepat. Dalam pengaturan kurva relay jenis ini terlebih dahulu harus mengetahui besarnya nilai arus hubung singkat untuk setiap wilayah yang diamankan untuk mengatur waktu kerja relay masing- masing dalam berkoordinasi.

Kurva inverse memiliki jenis- jenis operasi berdasarkan Standart JEC 2510-1989 sebagai berikut:

1. Kurva Standart Inverse

$$T(s) = \frac{0,14}{\left(\left(\frac{I_{sc} \text{ Max Saluran}}{I \text{ Pickup}}\right)^{0,02}\right) - 1} \times TMS \quad \dots\dots\dots (2. 20)$$

2. Kurva Very Inverse

$$T(s) = \frac{13,5}{\left(\left(\frac{I_{sc} \text{ Max Saluran}}{I \text{ Pickup}}\right) - 1\right)} \times TMS \quad \dots\dots\dots (2. 21)$$

3. Kurva Extremely Inverse

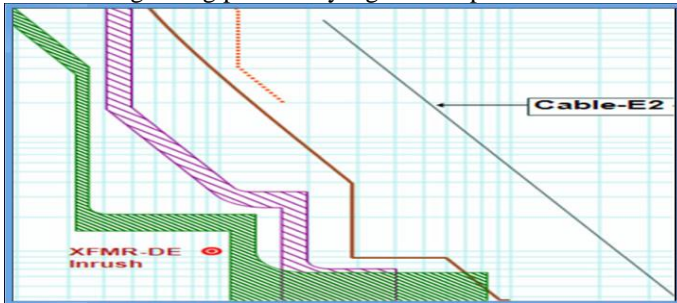
$$T(s) = \frac{80}{\left(\frac{I_{sc} \text{ Max Saluran}}{I_{Pickup}}\right)^2 - 1} \times TMS \quad \dots\dots\dots (2. 22)$$

4. Kurva Long Inverse

$$T(s) = \frac{54}{\left(\frac{I_{sc} \text{ Max Saluran}}{I_{Pickup}}\right) - 1} \times TMS \quad \dots\dots\dots (2. 23)$$

2.9.4 Kurva Inverse Definite Minimum Relay

Relay dengan karakteristik ini mempunyai kombinasi antara kurva inverse dan kurva definite time relay. Relay akan bekerja pada kurva inverse time jika arus gangguan hubung singkat bernilai antara diatas arus pickup sampai dengan arus set hubung singkat minimum. Untuk daerah operas kurva definite time bergantung pengaturan dari siperancang dan biasanya diatur diantara arus set hubung singkat minimum sampai dengan arus hubung singkat maksimum. Pengaturan wilayah operasi kurva definite time bergantung peralatan yang akan di proteksi.



Gambar 2. 11 Karakteristik Kurva IDMT

BAB III

SISTEM KELISTRIKAN PT. TERMINAL TELUK LAMONG

3.1 Metode Analisa

Seperti yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan, tujuan studi ini untuk menentukan setting relay yang tepat dalam koordinasi proteksi sistem kelistrikan pada PT Terminal Teluk Lamong dengan mempertimbangkan jika terjadi pengembangan sistem kelistrikan maupun adanya penambahan jumlah peralatan. Data – data yang diambil meliputi spesifikasi transformator daya penyuplai beban dan semua rating daya peralatan pada sistem kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong.

Simulasi sistem kelistrikan dengan data – data yang diperoleh dilakukan pada software ETAP 12.6 untuk menganalisa hubung singkat sistem dan sistem koordinasi proteksi dengan cara mengetahui besar arus hubung singkat yang melewati relay saat salah satu bus sistem terjadi gangguan hubung singkat. Setelah didapatkan besaran arus gangguan yang melewati relay kemudian dilakukan analisa perhitungan setting trip relay untuk di koordinasikan terhadap relay- relay pengaman lainnya seperti membagi waktu kerja relay utama dan relay cadangan dengan melihat bentuk kurva TCC supaya tidak bersinggungan dan terjadi kesalahan trip.

3.2 Sistem Kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong

Sistem kelistrikan di PT Terminal Teluk Lamong merupakan sistem kelistrikan yang cukup besar dan cukup kompleks. Sistem kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong sementara ini disupply dari 2 feeder PLN dari 2 gardu induk yang berbeda yang masing – masing feeder bisa menyuplai sampai dengan 10 MVA dan tegangan saluran 20KV. Sedikit penjelasan sistem kelistrikan pada PT Terminal Teluk Lamong adalah sebagai berikut:

1. Sistem jaringan utama dari sumber PLN menggunakan tegangan sebesar 20 KV dan disuplai dari 2 feeder gardu induk PLN yang berbeda.
2. Jaringan dari sumber PLN masuk dan tersambung pada BUS utama HVS-1 dengan sistem distribusi tie line.
3. Jaringan dari HVS-1 ke HVS yang lebih dehat dengan beban HVS-2 menggunakan saluran kabel bawah tanah dan dengan sistem tie line pada BUS HVS-2.

4. Tegangan operasi pada PT Terminal Teluk Lamong untuk menyuplai semua peralatan menggunakan tegangan 6,6KV dan 0,4KV sehingga pada jaringan kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong menggunakan 3 tipe substation yaitu Substation HVS sebagai sistem distribusi kelistrikan dengan tegangan operasi 20KV. Substation MVS sebagai sistem distribusi ke beban-beban yang ada dilapangan dengan tegangan operasi 6,6KV. Dan substation LVS sebagai distribusi tegangan rendah ke beban perkantoran, kantin, masjid, konveyor, dll dengan tegangan operasi 0,4KV.
5. Dibutuhkan tegangan 20KV untuk menghindari drop tegangan karena sistem kelistrikan pada PT Terminal Teluk Lamong antar substation memiliki jarak yang cukup panjang.
6. Untuk keperluan khusus atau emergency terdapat genset sebesar 2 x 1500 MVA dengan tegangan operasi 0,4KV dan terletak pada BUS HVS3B.
7. Pengembangan kelistrikan akan ditambahkan beberapa peralatan untuk memenuhi operasi pada semua dermaga
8. Peralatan- peralatan yang akan ditambahkan meliputi ASC yang pada tahun 2014 sebanyak 10 buah di tahun 2016 akan ditambah 10 buah lagi dan rencana finalnya sampai pembangunan dermaga selesai semua total ASC yang terpasang sebanyak 66 buah.
9. Peralatan konveyor akan ditambahkan untuk melayani proses bongkar muat curah
10. Akan ada penambahan trafo daya baru dan rekonfigurasi Bus Bar karena total beban yang naik sangat besar

Karena sistem ini begitu besar dan kompleks, maka diperlukan peralatan- peralatan yang handal dan berkualitas untuk menjamin kontinuitas proses bongkar muat petikemas di PT Terminal Teluk Lamong.

Distribusi dari main substation HVS 20KV ini didukung oleh beberapa trafo daya untuk menyuplai beban dengan rating tegangan 6,6KV dan 0,4 KV. Berikut ini adalah daftar trafo daya yang digunakan pada kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong

Tabel 3. 1 Impedansi Trafo Daya

Lokasi	Kabel	Ukuran Kabel mm2	Panjang m	Z/km	Z
HVS-1	Kabel Outgoing PLN ke HVS 1	300	1300	0,297674319	0,386976614
	Outgoing HVS 2A ke Incoming HVS 1A	300	17	0,297674319	0,005060463
	HVS 1 ke Trafo 11	35	20	0,776047035	0,015520941
	Trafo 11 (100 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				4%
HVS-2	Outgoing Trafo 23	35	1052	0,776047035	0,81640148
	Trafo 23 (160 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				4%
	Outgoing Trafo 22	35	20	0,776047035	0,015520941
	Trafo 22 (400 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				4%
	Outgoing HVS 3A ke Incoming HVS 2A	300	1900	0,297674319	0,565581205
	Outgoing Trafo 21	35	350	0,776047035	0,271616462
	Trafo 21 (1000 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				5%
HVS-3	Outgoing Trafo 32	35	41	0,776047035	0,031817928
	Trafo 32 (315 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				4%
	Outgoing HVS 31A ke Incoming HVS-31	95	675	0,421058191	0,284214279
	Outgoing HVS 3 ke trafo 31B	300	80	0,297674319	0,023813945
	Outgoing HVS 3A ke Incoming HVS 4A	300	1430	0,297674319	0,425674276
	Outgoing HVS 3 ke trafo 31A	300	80	0,297674319	0,023813945
	Outgoing HVS 3 ke trafo EMG	35	35	0,776047035	0,027161646
	Trafo EMG (2000 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				4%
MVS-31	Trafo 31A (7500 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				6,19%
	Incoming MVS-31 ke trafo 31A	300	15	0,297674319	0,004465115
	MVS-31 ke ASC 5	50	560	0,622637133	0,348676795
	MVS-31 ke ASC 4	50	510	0,622637133	0,317544938
	MVS-31 ke ASC 3	50	460	0,622637133	0,286413081
	MVS-31 ke ASC 2	50	410	0,622637133	0,255281225
	MVS-31 ke ASC 1	50	360	0,622637133	0,224149368
	MVS-31 ke ASC 6	50	800	0,622637133	0,498109707
	MVS-31 ke ASC 7	50	850	0,622637133	0,529241563
	MVS-31 ke ASC 8	50	900	0,622637133	0,56037342
	MVS-31 ke ASC 9	50	950	0,622637133	0,591505277
	MVS-31 ke ASC10	50	1000	0,622637133	0,622637133
HVS-4	Outgoing HVS 41 ke trafo 42	35	26	0,776047035	
	Trafo 42 (400 kVA 20/0.4 kV Dyn5)				4%
	Outgoing HVS 41A ke trafo 41 A	300	25	0,297674319	0,007441858
	Outgoing HVS 41A ke trafo 41 B	300	38	0,297674319	0,011311624
	Trafo 41A (7500 kVA 20/6.6 kV Dyn5)				6,19%
	Incoming MVS 41 ke trafo 41B	300	15	0,297674319	0,004465115
	Outgoing MVS-41 ke CC twin lift 1	50	332	0,622637133	0,206715528
	Outgoing MVS-41 ke CC twin lift 2	50	493	0,622637133	0,306960107
	Outgoing MVS-41 ke CC single lift 3	50	439	0,622637133	0,273337702

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

KOORDINASI RELAY PENGAMAN PT. TERMINAL TELUK LAMONG

Pada bab ini akan dibahas mengenai setting relay pengaman arus lebih fasa dan arus lebih fasa ke tanah. Relay yang digunakan adalah relay arus lebih OC 50/51. Relay OCR ini berfungsi mengamankan peralatan- peralatan proses bongkar muat kontainer dan curah, trafo daya, cubicle sistem dan kemampuan mengisolasi gangguan.

Analisa perhitungan dilakukan dengan menggunakan diagram impedansi serta nilai dari ETAP 12.6 sebagai pembanding. Analisa ini dilakukan untuk menentukan besar rating CB pada saat terjadi pengembangan peralatan dan sistem kelistrikan serta untuk evaluasi pengaturan koordinasi waktu trip relay akibat adanya pengembangan peralatan dan sistem kelistrikan.

4.1 Analisa Arus Hubung Singkat

Untuk melakukan perhitungan besar arus hubung singkat dengan menggunakan metode diagram impedansi adalah terlebih dahulu menghitung impedansi dari tiap peralatan yang terpasang pada sistem kelistrikan dengan satuan p.u. Peralatan- peralatan meliputi:

1. Sumber / Catu daya (Grid PLN atau Generator)
2. Kabel yang digunakan
3. Trafo daya yang digunakan
4. Peralatan beban

Dengan menggunakan metode diagram impedansi ini nantinya juga dapat menghitung arus kontribusi peralatan beban saat terjadinya hubung singkat 3 fasa- tanah selama 0,5 sampai 4 cycle. Hal ini dapat digunakan sebagai pertimbangan pemilihan kapasitas breaking CB, rating busbar dan setting koordinasi relay fasa (OCR) karena pada waktu 0,5 sampai 4 cycle akan terjadi penambahan arus hubung singkat akibat adanya arus kontribusi yang berbanding lurus dengan besar rating daya peralatan.

Sebagai pembanding besar arus hubung singkat pada sistem kelistrikan nantinya akan menggunakan software ETAP 12.6 untuk simulasi hubung singkat 3 fasa- tanah pada waktu 4 cycle dan 30 cycle serta hubung singkat fasa- fasa pada waktu 30 cycle di semua busbar sehingga akan didapatkan besar arus hubung singkat dan besar arus kontribusi pada saat 0,5 sampai 4 cycle.

4.2 Koordinasi Relay Pengaman

Dalam koordinasi, digunakan prinsip- prinsip koordinasi sebagai berikut:

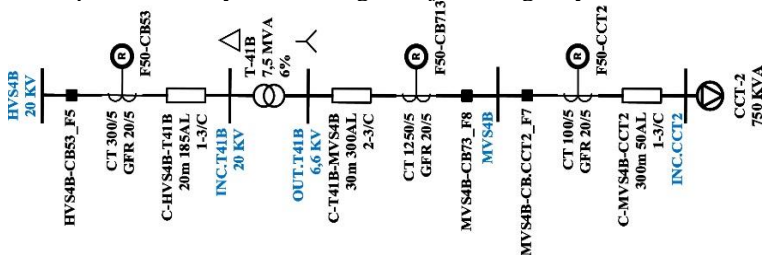
1. Peralata pada sisi beban harus menghilangkan gangguan tetap atau sementara sebelum peralatan sisi sumber memutuskan rangkaian.
2. Kerusakan yang disebabkan oleh gangguan tetap harus dibatasi dengan prinsip- prinsip di atas, maka urutan kerja peralatan pengaman sepanjang saluran dari sumber sampai ke beban harus benar- benar diperhatikan sehingga kerusakan pada jaringan dan peralatannya bisa dibatasi.

4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi Relay Pengaman

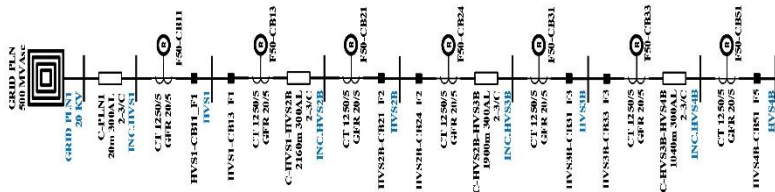
Untuk memudahkan dalam analisa dan pengaturan koordinasi proteksi relay OCR digunakan metode dengan cara melakukan pemisahan menurut fungsi dari masing- masing relay. Berikut ini adalah tipikal yang akan dianalisa :

4.3.1 Tipikal 1

Tipikal 1 merupakan tipikal paling panjang yang mengkoordinasi peralatan pada network 3 sampai dengan sumber PLN. Peralatannya meliputi dari peralatan CCT, CCS, GSU, Trafo daya 7,5 MVA sampai menuju ke Grid PLN. Pada tipikal 1 ini nantinya akan dilakukan evaluasi koordinasi proteksi OCR eksisting dan evaluasi jika terjadi penambahan jumlah beban pada busbar yang sama. Supaya terlihat dalam penyusunan buku, tipikal 1 nantinya akan dibagi menjadi 2 bagian yaitu ;



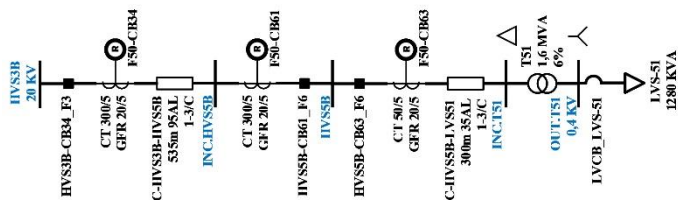
Gambar 4. 1 Tipikal 1A



Dari gambar 4.3 dan 4.3.1 tipikal nantinya akan di dilakukan pengaturan waktu trip pada masing- masing relay OCR dan juga akan dianalisa pengaturan waktu trip relay jika terjadi penambahan beban pada sistem.

4.2 Tipikal 2

Tipikal 2 merupakan tipikal yang mengkoordinasi peralatan pada network 2 sampai dengan busbar BUS3B. Peralatannya meliputi peralatan LVS-53, LVS-52, Trafo daya T-53, dan Trafo daya T-52

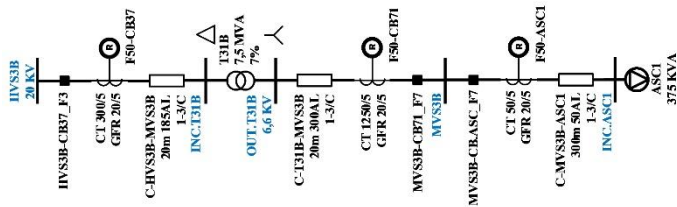


Gambar 4. 3 Tipikal 2

Dari gambar 4.3 tipikal nantinya akan di dilakukan pengaturan waktu trip pada masing- masing relay OCR dan juga akan dianalisa pengaturan waktu trip relay jika terjadi penambahan beban pada sistem.

4.3 Tipikal 3

Tipikal 3 merupakan tipikal yang mengkoordinasi peralatan pada network ASC sampai dengan busbar BUS3B. Peralatannya meliputi peralatan ASC, dan Trafo daya T-34



Gambar 4. 4 Tipikal 3

Dari gambar 4.4 tipikal nantinya akan di dilakukan pengaturan waktu trip pada masing- masing relay OCR dan juga akan dianalisa pengaturan waktu trip relay jika terjadi penambahan beban pada sistem.

4.4 Koordinasi Pengaman OCR

Koordinasi relay pengaman ini nantinya akan di setting secara berurutan dalam waktu tripnya jika saat relay utama tidak bekerja. Perbedaan waktu untuk relay utama dan relay cadangan selama 0,2 detik. Hal ini dikarenakan karena ada waktu yang dibutuhkan relay untuk mensensing arus, memberikan sinyal trip ke CB dan waktu CB untuk melakukan sirkuit terbuka yang jika di total lamanya sekitar 0,1 – 0,15 detik.

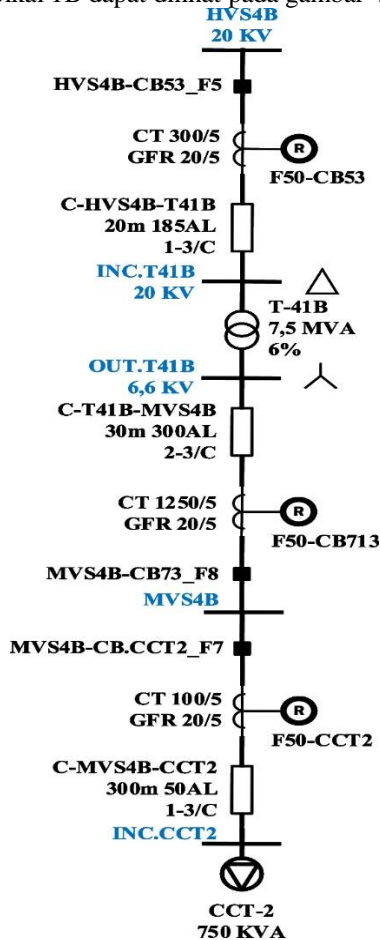
Dalam melakukan setting koordinasi perlu memperhatikan beberapa syarat. Syarat dalam melakukan koordinasi relay pengaman arus lebih (OCR) meliputi;

1. Delay waktu antar relay dalam satu tipikal harus selama 0,2 detik.
2. Waktu trip untuk beban lumped bisa setting selama 0,3 detik dikarenakan pada beban lumped merupakan gabungan dari beban static maupun beban motor sehingga memiliki pengaman internal pada tiap peralatan.
3. Waktu trip paling cepat selama 0,1 detik dikarenakan jika kurang dari 0,1 detik relay terlalu sensitif sehingga jika terkena gangguan dari luar seperti petir yang masuk ke sistem relay akan langsung bekerja.

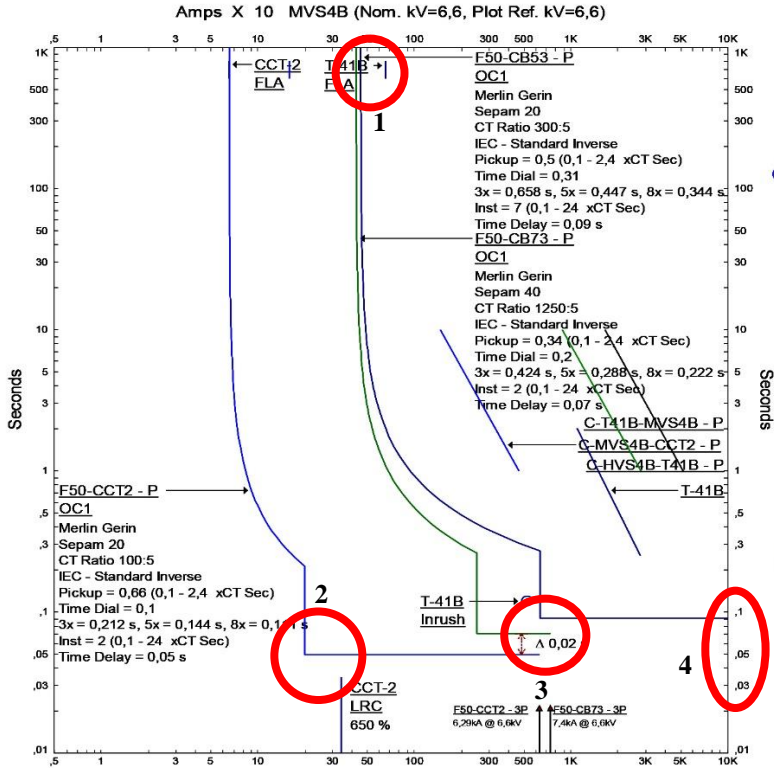
Setting relay OCR pada satu tipikal dan telah melewati trafo daya bisa diatur kembali ke 0,1 detik dengan syarat I_{sc} minimum primer lebih besar dari I_{sc} maksimum sekunder dalam level tegangan yang sama.

4.4.1 Koordinasi OCR Tipikal 1A

Tipikal 1 ini dimulai dari Grid PLN sampai beban lumped yang berada pada network 3. Pemilihan tipikal 1 ini berdasarkan dari saluran yang paling panjang antara beban sampai dengan sumber. Pada tipikal 1 ini akan dibagi menjadi 2 gambar plot kurva TCC karena jika dijadikan satu, kerapian kurva kurang bagus sehingga pada saat analisa pecah menjadi tipikal 1A dan tipikal 1B. Untuk Tipikal 1A dapat dilihat pada gambar 4.5 dan tipikal 1B dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. 5 Tipikal 1A Eksisting



Gambar 4. 6 TCC Tipikal 1A Eksisting 2014

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between INC.CCT2 & CCT-2. Adjacent bus: INC.CCT2					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 18-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
50,0	F50-CCT2	6,293	50,0		Phase - OC1 - 50
60,0	MVS4B-CB.CCT2		10,0		Tripped by F50-CCT2 Phase - OC1 - 50
70,0	F50-CB73	5,655	70,0		Phase - OC1 - 50
80,0	MVS4B-CB73_F8		10,0		Tripped by F50-CB73 Phase - OC1 - 50
199	F50-CCS2	0,213	199		Phase - OC1 - 51
209	MVS4B-CB.CCS2		10,0		Tripped by F50-CCS2 Phase - OC1 - 51
283	F50-CB53	1,866	283		Phase - OC1 - 51
293	HVS4B-CB53_F5		10,0		Tripped by F50-CB53 Phase - OC1 - 51

Gambar 4. 7 Sequence of Operation Tipikal 1A Eksisting

Dari gambar kurva TCC dan sequence of operation dapat dilihat bahwa setting koordinasi relay pengaman arus lebih (OCR) pada SLD eksisting masih terdapat kesalah atau belum terkoordinasi dengan baik. Seperti ditunjukkan oleh nomor :

1. Setting pickup lowset kurva F50-CB.GSU berada di bawah kurva FLA trafo T41B
2. Setting pickup highset kurva relay F50-CB.GSU kurang dari kurva LRC dari peralatan sehingga saat peralatan distarting dengan DOL maka akan terjadi trip selama 0,05 detik
3. Waktu tunda antar relay (Grading Time) kurang dari 0,2 detik sehingga akan terjadi trip bersamaan antara relay primer dan relay sekunder.
4. Waktu trip pada relay F50-CB.GSU kurang dari 0,1 detik sehingga jika terjadi gangguan 3 fasa 0,5 – 4 cycle pada bus lainnya relay akan trip karena diakibatkan oleh arus kontribusi dari beban.

Setelah dilakukan analisa terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 tipikal 1A diatas, dapat diketahui bahwa perlu dilakukan ressetting terhadap koordinasi relay arus lebih (OCR) tipikal 1A. Berikut ini perhitungan untuk resetting dari masing- masing relay arus lebih .

1. Relay F50-CCT2

Diketahui :

Model	: SEPAM 20
Peralatan	: Lumped 6,6 KV 750 KVA
FLA Peralatan	: 65,61 Ampere
Rasio CT	: 100/5 Ampere
Isc Max INC.CCT	: 6,3 KA
Isc Min INC.CCT	: 5,42 KA
LRA	: $6,5 \times 65,61 = 426,5$ Ampere
Tipe Kurva	: Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

1,05 FLA	< Iset <	1,4 FLA
$1,05 \times 65,61 \text{ A}$	< Iset <	$1,4 \times 65,61 \text{ A}$
68,9 A	< Iset <	91,8 A
$\frac{68,9 \text{ A}}{n_{CT}}$	< Tap <	$\frac{91,8 \text{ A}}{n_{CT}}$
$\frac{68,9 \text{ A}}{100}$	< Tap <	$\frac{91,8 \text{ A}}{100}$
0,689	< Tap <	0,918

$$\begin{aligned}\text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\ &= \frac{1,2 \times 65,61}{100} \\ &= \mathbf{0,79}\end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,3 detik karena jenis bebannya lumped
Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}\text{Time Delay} &= \left(\frac{13,5}{\frac{I_{sc\ Max}}{I_{setting}} - 1} \times \text{TMS} \right) \\ \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{I_{sc\ Max}}{I_{setting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\ &= \left(\frac{\frac{6300}{79} - 1}{13,5} \times 0,3 \text{ detik} \right) \\ &= \mathbf{1,76}\end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih **1,76** atau di atasnya

Time Instantaneous Pickup

LRA Lumped	< Iset <	0,8 Isc Minimum
448 A	< Iset <	4344 A
$\frac{448\ A}{nCT}$	< Iset <	$\frac{4344\ A}{nCT}$
$\frac{448\ A}{100}$	< Tap <	$\frac{4344\ A}{100}$
4,48	< Tap <	43,44

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

$$\begin{aligned}\text{Dipilih Tab} &= 1,2 \times \text{LRA} \\ &= \frac{1,2 \times 448}{100} \\ &= \mathbf{5,12}\end{aligned}$$

Pickup Highset dapat dipilih **5,12** atau di atasnya

Waktu Operasi **0,3** detik

2. Relay F50-CB73

Diketahui :

Model : SEPAM 40
Peralatan : Trafo 7,5 MVA 6,6 KV

FLA Peralatan : 656 Ampere
 Rasio CT : 1250/5 Ampere
 Isc Max : 7,40 KA
 Isc Min : 6,36 KA
 Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
 1,05 \text{ FLA} &< \text{Iset} < 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 \times 656 \text{ A} &< \text{Iset} < 1,4 \times 656 \text{ A} \\
 688,9 \text{ A} &< \text{Iset} < 918,5 \text{ A} \\
 \frac{688,9 \text{ A}}{nCT} &< \text{Tap} < \frac{918,5 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{688,9 \text{ A}}{1250} &< \text{Tap} < \frac{918,5 \text{ A}}{1250} \\
 0,55 &< \text{Tap} < 0,73
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\
 &= \frac{1,2 \times 656}{1250} \\
 &= \mathbf{0,63}
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,5 detik karena jenis bebannya lumped Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}
 \text{Time Delay} &= \left(\frac{13,5}{\left(\frac{Isc \text{ Max}}{I_{setting}} \right) - 1} \times \text{TMS} \right) \\
 \text{Time Dial} &= \left(\frac{\left(\frac{Isc \text{ Max}}{I_{setting}} \right) - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\
 &= \left(\frac{\left(\frac{7400}{787,2} \right) - 1}{13,5} \times 0,5 \text{ detik} \right) \\
 &= \mathbf{0,31}
 \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih 0,31 atau diatasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{aligned}
 1,6 \text{ FLA} &< \text{Iset} < 0,8 \text{ Isc Minimum} \\
 1050 \text{ A} &< \text{Iset} < 5091 \text{ A} \\
 \frac{1050 \text{ A}}{nCT} &< \text{Iset} < \frac{5091 \text{ A}}{nCT}
 \end{aligned}$$

$$\frac{1050 \text{ A}}{1250} < \text{Tap} < \frac{5091 \text{ A}}{1250}$$

$$0,84 < \text{Tap} < 4,1$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Karena pada relay ini mengamankan sekunder trafo T41B dan terdapat 4 beban lumped di busbar maka pickup highset minimal disetting misal 3 beban starting bersamaan (3 LRA = 2 x 448 A)

Dipilih Tab = 1500

$$= \frac{1500}{1250}$$

$$= 1,2$$

Pickup Highset dapat dipilih 1,2 atau diatasnya

3. Relay F50-CB53

Diketahui :

Model : SEPAM 20
Peralatan : Trafo daya 7,5 MVA 20 KV
FLA Peralatan : 216,5 Ampere
Rasio CT : 300/5 Ampere
Isc Max Beban : 6,3 KA → 20KV → 2079 A
Isc Max Sekunder : 7,4 KA → 20KV → 2440 A
Isc Max Primer : 7,73 KA
Isc Min : 6,65 KA
Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \text{ FLA} < \text{Iset} < 1,4 \text{ FLA}$$

$$1,05 \times 216,5 \text{ A} < \text{Iset} < 1,4 \times 216,5 \text{ A}$$

$$227,3 \text{ A} < \text{Iset} < 303,1 \text{ A}$$

$$\frac{227,3 \text{ A}}{\frac{nCT}{300}} < \text{Tap} < \frac{303,1 \text{ A}}{\frac{nCT}{300}}$$

$$\frac{227,3 \text{ A}}{300} < \text{Tap} < \frac{303,1 \text{ A}}{300}$$

$$0,75 < \text{Tap} < 1,01$$

Dipilih Tap = $\frac{1,2 \times FLA}{nCT}$

$$= \frac{1,2 \times 216,5}{300}$$

$$= 0,87$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,7 detik karena koordinasi relay F50-CB53 akan trip kurva 51 (Inverse) saat terjadi hubung singkat di sisi beban maupun sekunder trafo. $0,7 = 0,5 + 0,2$ (Gradding time)
Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}\text{Time Delay} &= \left(\frac{\frac{13,5}{\frac{I_{sc \text{ Max INC.CCT2}}}{I_{setting}} - 1}}{13,5} \times \text{TMS} \right) \\ \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{I_{sc \text{ Max INC.CCT2}}}{I_{setting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\ &= \left(\frac{\frac{2080}{260} - 1}{13,5} \times 0,7 \text{ detik} \right) \\ &= \mathbf{0,36}\end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih 0,44 atau diatasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{rcl} I_{sc \text{ Max Skunder}} & < I_{set} < & 0,8 I_{sc \text{ Minimum}} \\ 2440 \text{ A} & < I_{set} < & 5318 \text{ A} \\ \frac{2440 \text{ A}}{\frac{nCT}{300}} & < I_{set} < & \frac{5318 \text{ A}}{\frac{nCT}{300}} \\ 8,14 & < \text{Tap} < & 17,73 \end{array}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Karena $I_{sc \text{ Max Sekunder}} \rightarrow 20 \text{ KV} = 2440 \text{ A}$, maka pickup highset harus disetting diatas 2440 A supaya saay terjadi hubung singkat di sekunder bisa berkoordinasi di kurva 51 (Inverse)

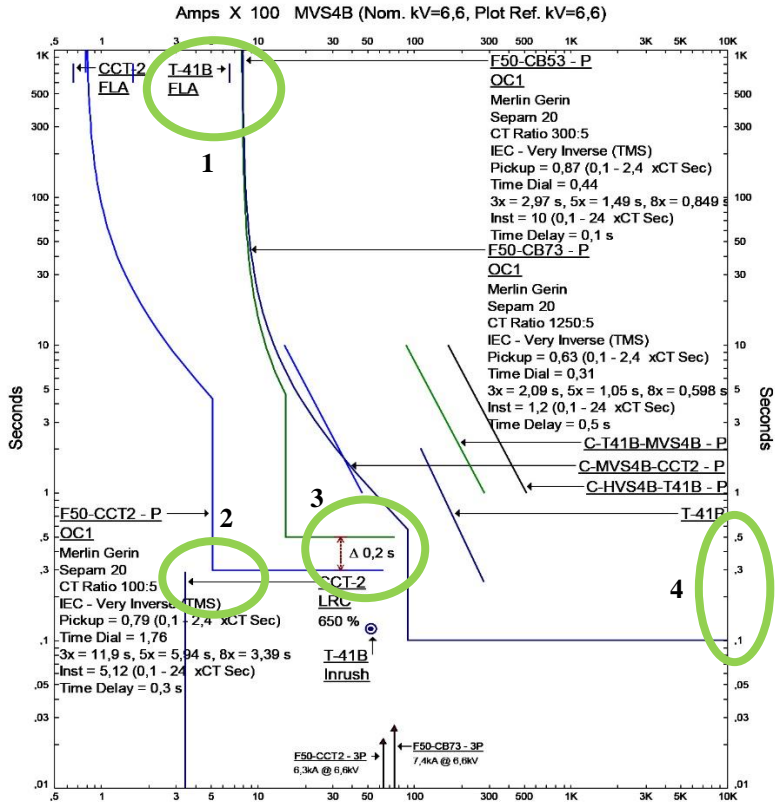
Dipilih Tab = 3000

$$\begin{aligned}&= \frac{3000}{300} \\ &= \mathbf{10}\end{aligned}$$

Pickup Highset dapat dipilih 10 atau diatasnya

Waktu Operasi 0,1 detik karena telah melewati trafo

Dari analisa dan perhitungan resetting diatas didapatkan hasil plot kurva TCC serta hasil squence of operation pada gambar 4.8 dan 4.9



Gambar 4. 8 TCC Tipikal 1A Resetting

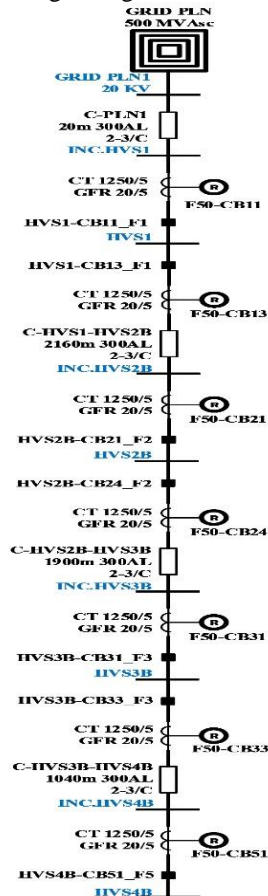
3-Phase [Symmetrical] fault on connector between INC.CCT2 & CCT-2. Adjacent bus: INC.CCT2					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 18-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
300	F50-CCT2	6,293	300		Phase - OC1 - 50
310	MVS4B-CB...		10,0		Tripped by F50-CCT2 Phase - OC1 - 50
500	F50-CB73	5,655	500		Phase - OC1 - 50
510	MVS4B-CB7...		10,0		Tripped by F50-CB73 Phase - OC1 - 50
790	F50-CB53	1,866	790		Phase - OC1 - 51
800	HVS4B-CB5...		10,0		Tripped by F50-CB53 Phase - OC1 - 51

Gambar 4. 9 Sequence of Operation Tipikal 1A Resetting

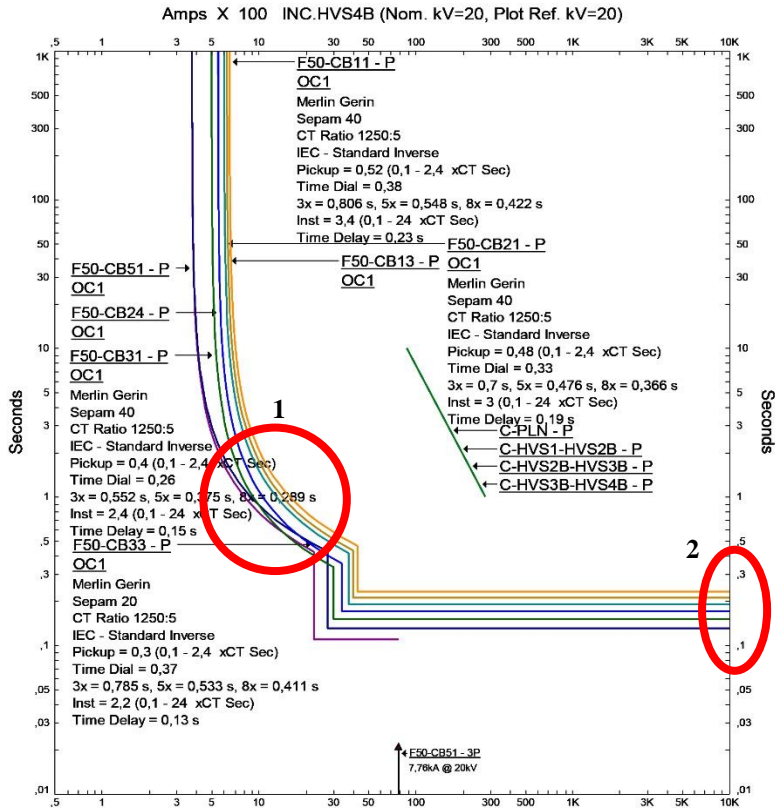
Setelah dilakukan analisa resetting terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 tipikal 1A diatas, urutan kerja trip pada relay saat mengamankan gangguan hubung singkat yang terjadi pada beban CCT2 sudah terkoordinasi dengan baik.

4.4.2 Koordinasi OCR Tipikal 1B

Tipikal 1B ini merupakan analisa lanjutan dari tipikal 1A karena pada tipikal 1 merupakan tipikal yang panjang dan mengkoordinasi relay yang banyak sehingga dibagi 2 bagian untuk kerapian



Gambar 4. 10 Tipikal 1B Eksisting



Gambar 4. 11 TCC Tipikal 1B Eksisting

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between HVS4B-CB51_F5 & Network3. Adjacent bus: HVS4B					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 18-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
50,0	F50-CCT2	0,301	50,0		Phase - OC1 - 50
60,0	MVS4B-CB.CCT2		10,0		Tripped by F50-CCT2 Phase - OC1 - 50
110	F50-CB51	7,764	110		Phase - OC1 - 50
120	HVS4B-CB51_F5		10,0		Tripped by F50-CB51 Phase - OC1 - 50
130	F50-CB33	7,764	130		Phase - OC1 - 50
150	HVS3B-CB33_F3		20,0		Tripped by F50-CB33 Phase - OC1 - 50
150	F50-CB31	7,537	150		Phase - OC1 - 50
160	HVS3B-CB31_F3		10,0		Tripped by F50-CB31 Phase - OC1 - 50

Gambar 4. 12 Squence of Operation Tipikal 1B Eksisting

Dari gambar kurva TCC dan sequence of operation dapat dilihat bahwa setting koordinasi relay pengaman arus lebih (OCR) pada SLD eksisting masih terdapat kesalah atau belum terkoordinasi dengan baik. Seperti ditunjukkan oleh nomor :

1. Terdapat kesalahan pengaturan time dial pada kurva sehingga terjadi perpotongan antara kurva relay F50–CB51 dengan relay F50-CB33 dan lainnya.
2. Grading time antar kurva terlalu cepat kurang dari 0,2 detik mengakibatkan relay primer dan relay sekunder dapat trip bersamaan.

Setelah dilakukan analisa terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 tipikal 1B diatas, dapat diketahui bahwa perlu dilakukan ressetting terhadap koordinasi relay arus lebih (OCR) tipikal 1A. Berikut ini perhitungan untuk resetting dari masing- masing relay arus lebih.

1. Relay F50 – CB51 dan F50 – CB33

Diketahui :

Model	: SEPAM 40 dan SEPAM 20
Peralatan	: Tota Trafo 7,5 MVA 20 KV
FLA Peralatan	: 216,5 Ampere
Rasio CT	: 1250/5 Ampere
Isc Max	: 7,76 KA
Isc Min	: 6,67 KA
Tipe Kurva	: Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,05 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 \times 216,5 \text{ A} & < \text{Iset} < & 1,4 \times 216,5 \text{ A} \\
 227,3 \text{ A} & < \text{Iset} < & 303,1 \text{ A} \\
 \frac{227,3 \text{ A}}{nCT} & < \text{Tap} < & \frac{303,1 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{227,3 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{303,1 \text{ A}}{1250} \\
 0,18 & < \text{Tap} < & 0,24 \\
 \text{Dipilih Tap} = \frac{1,2 \times FLA}{nCT} & & \\
 = \frac{1,2 \times 216,5}{1250} & & \\
 = \mathbf{0,21} & &
 \end{array}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,3 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\text{Time Delay} = \left(\frac{13,5}{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} - 1} \times \text{TMS} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\ &= \left(\frac{\frac{2760}{260} - 1}{13,5} \times 0,3 \text{ detik} \right) \\ &= \mathbf{0,64} \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih 0,64 atau diatasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lll} 1,6 \text{ FLA} & < I_{set} < & 0,8 \text{ Isc Minimum} \\ 346,5 \text{ A} & < I_{set} < & 5339 \text{ A} \\ \frac{346,5 \text{ A}}{nCT} & < I_{set} < & \frac{5339 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{346,5 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{5339 \text{ A}}{1250} \\ 0,28 & < \text{Tap} < & 4,27 \end{array}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Karena pada relay F50-CB53 pickup highset di setting 3000 A, maka pada relay F50-CB51 dan F50-CB33 disetting d atasnya

Dipilih Tab = 3500

$$\begin{aligned} &= \frac{3500}{1250} \\ &= \mathbf{2,8} \end{aligned}$$

Pickup Highset dapat dipilih 2,8 atau diatasnya

Waktu operasi 0,3 detik

2. Relay F50 – CB31 dan F50 – CB24

Diketahui :

Model	: SEPAM 40 dan SEPAM 20
Peralatan	: Total Trafo daya 17,4 MVA 20 KV
FLA Peralatan	: 502,3 Ampere
Rasio CT	: 1250/5 Ampere
Isc Max	: 8,41 KA

Isc Min : 7,23 KA
 Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,05 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 \times 502,3 \text{ A} & < \text{Iset} < & 1,4 \times 502,3 \text{ A} \\
 527,5 \text{ A} & < \text{Iset} < & 703,2 \text{ A} \\
 \frac{527,5 \text{ A}}{nCT} & < \text{Tap} < & \frac{703,2 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{527,5 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{703,2 \text{ A}}{1250} \\
 0,42 & < \text{Tap} < & 0,56
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\
 &= \frac{1,2 \times 502,3}{1250} \\
 &= \mathbf{0,44}
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,5 detik
 Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}
 \text{Time Delay} &= \left(\frac{\frac{Isc \text{ Max}}{Isetting} - 1}{13,5} \times \text{TMS} \right) \\
 \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{Isc \text{ Max}}{Isetting} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\
 &= \left(\frac{\frac{8410}{552,5} - 1}{13,5} \times 0,7 \text{ detik} \right) \\
 &= \mathbf{0,53}
 \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih **0,53** atau di atasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,6 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \text{ Isc Minimum} \\
 803,7 \text{ A} & < \text{Iset} < & 5786 \text{ A} \\
 \frac{803,7 \text{ A}}{nCT} & < \text{Iset} < & \frac{5786 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{803,7 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{5786 \text{ A}}{1250} \\
 0,64 & < \text{Tap} < & 4,63
 \end{array}$$

Pickup range : **0,1 – 24 xCT Sekunder**

Pickup harus disetting diatas F50-CB51 dan F50-CB33 = 3500 A

Dipilih Tab = 4500

$$= \frac{4500}{1250}$$

$$= 3,6$$

Pickup Highset dapat dipilih 3,6 atau diatasnya

Waktu operasi 0,5 detik

3. Relay F50 – CB21 dan F50 – CB13

Diketahui :

Model	: SEPAM 40 dan SEPAM 20
Peralatan	: Total Trafo daya 18,4 MVA 20 KV
FLA Peralatan	: 531,2 Ampere
Rasio CT	: 1250/5 Ampere
Isc Max	: 10,56 KA
Isc Min	: 9,08 KA
Tipe Kurva	: Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
 1,05 \text{ FLA} &< \text{Iset} < 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 \times 531,2 \text{ A} &< \text{Iset} < 1,4 \times 531,2 \text{ A} \\
 557,7 \text{ A} &< \text{Iset} < 743,6 \text{ A} \\
 \frac{557,7 \text{ A}}{n_{CT}} &< \text{Tap} < \frac{743,6 \text{ A}}{n_{CT}} \\
 \frac{557,7 \text{ A}}{1250} &< \text{Tap} < \frac{743,6 \text{ A}}{1250} \\
 0,45 &< \text{Tap} < 0,59
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times \text{FLA}}{n_{CT}} \\
 &= \frac{1,2 \times 531,2}{1250} \\
 &= 0,47
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,7 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\text{Time Delay} = \left(\frac{13,5}{\left(\frac{\text{Isc Max}}{\text{Isetting}} \right)^{-1}} \times \text{TMS} \right)$$

$$\text{Time Dial} = \left(\frac{\left(\frac{\text{Isc Max}}{\text{Isetting}} \right)^{-1}}{13,5} \times \text{Time Delay} \right)$$

$$= \left(\frac{\left(\frac{10560}{584,3} - 1 \right)}{13,5} \times 0,7 \text{ detik} \right)$$

$$= \mathbf{0,89}$$

Time dial bisa dipilih 0,89 atau diatasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lll} 1,6 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \text{ Isc Minimum} \\ 850 \text{ A} & < \text{Iset} < & 7265,3 \text{ A} \\ \frac{850 \text{ A}}{nCT} & < \text{Iset} < & \frac{7265,3 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{850 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{7265,3 \text{ A}}{1250} \\ 0,68 & < \text{Tap} < & 5,81 \end{array}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Pickup harus disetting diatas F50-CB51 dan F50-CB33 = 4500 A

Dipilih Tab = 5500

$$= \frac{4500}{1250}$$

$$= \mathbf{4,4}$$

Pickup Highset dapat dipilih 4,4 atau diatasnya

Waktu operasi 0,7 detik

4. Relay F50 – CB11

Diketahui :

Model : SEPAM 40
Peralatan : Total Trafo daya 39,4 MVA 20 KV
FLA Peralatan : 1137 Ampere
Rasio CT : 1250/5 Ampere
Isc Max : 14,38 KA
Isc Min : 12,37 KA
Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lll} 1,05 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05 \times 1137 \text{ A} & < \text{Iset} < & 1,4 \times 1137 \text{ A} \\ 1194 \text{ A} & < \text{Iset} < & 1592 \text{ A} \\ \frac{1194 \text{ A}}{nCT} & < \text{Tap} < & \frac{1592 \text{ A}}{nCT} \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{1194 \text{ A}}{1250} &< \text{Tap} < \frac{1592 \text{ A}}{1250} \\
 0,96 &< \text{Tap} < 1,27 \\
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\
 &= \frac{1,2 \times 1137}{1250} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,9 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}
 \text{Time Delay} &= \left(\frac{13,5}{\left(\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} \right)^{-1}} \times \text{TMS} \right) \\
 \text{Time Dial} &= \left(\frac{\left(\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} \right)^{-1}}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\
 &= \left(\frac{\left(\frac{14380}{1251} \right)^{-1}}{13,5} \times 0,9 \text{ detik} \right) \\
 &= 0,7
 \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih 0,7 atau di atasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{aligned}
 1,6 \text{ FLA} &< I_{set} < 0,8 \text{ Isc Minimum} \\
 1820 \text{ A} &< I_{set} < 9893 \text{ A} \\
 \frac{1820 \text{ A}}{nCT} &< I_{set} < \frac{9893 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{1820 \text{ A}}{1250} &< \text{Tap} < \frac{9893 \text{ A}}{1250} \\
 1,46 &< \text{Tap} < 7,91
 \end{aligned}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

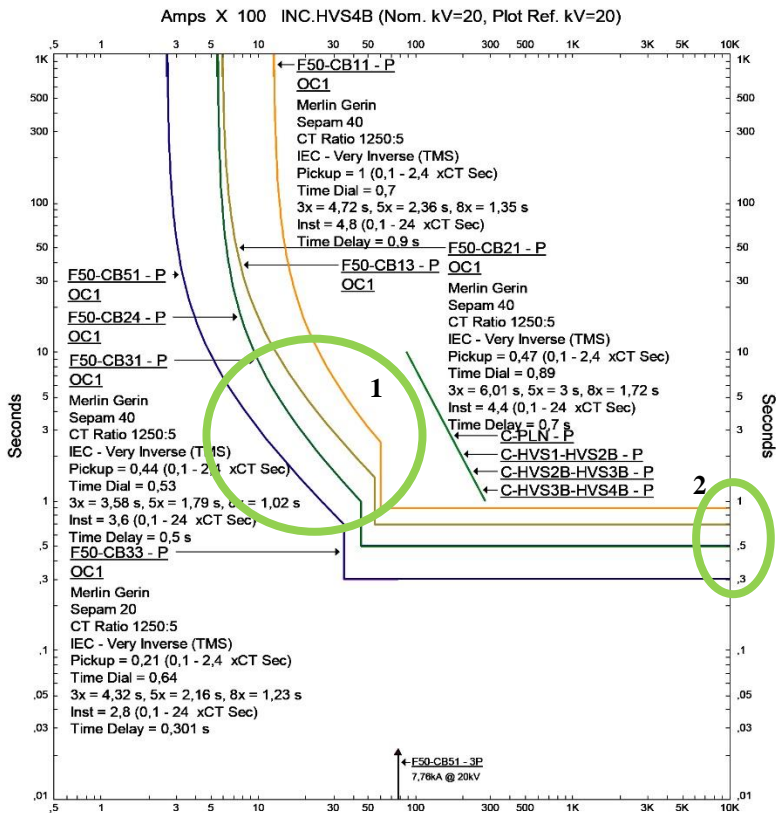
Pickup harus disetting diatas F50-CB51 dan F50-CB33 = 5500 A
dan tidak boleh diatas Isc Min pada F50 – CB53 = 6400 A

Dipilih Tab = 6000

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6000}{1250} \\
 &= 4,8
 \end{aligned}$$

Pickup Highset dapat dipilih 4,8 atau di atasnya

Waktu operasi 0,9 detik



Gambar 4. 13 TCC Tipikal 1B Resetting

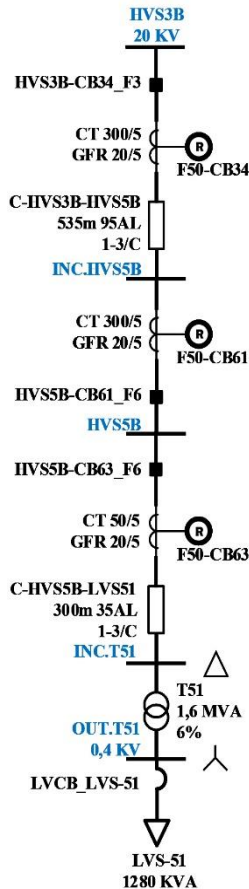
3-Phase (Symmetrical) fault on connector between HVS4B-CB51_F5 & Network3. Adjacent bus: HVS4B					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 18-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
300	F50-CB51	7,764	300		Phase - OC1 - 50
301	F50-CB33	7,764	301		Phase - OC1 - 50
310	HVS4B-CB5...	10,0			Tripped by F50-CB51 Phase - OC1 - 50
321	HVS3B-CB3...	20,0			Tripped by F50-CB33 Phase - OC1 - 50
500	F50-CB31	7,537	500		Phase - OC1 - 50
501	F50-CB24	7,537	501		Phase - OC1 - 50

Gambar 4. 14 Squence Of Operation Tipikal 1B Resetting

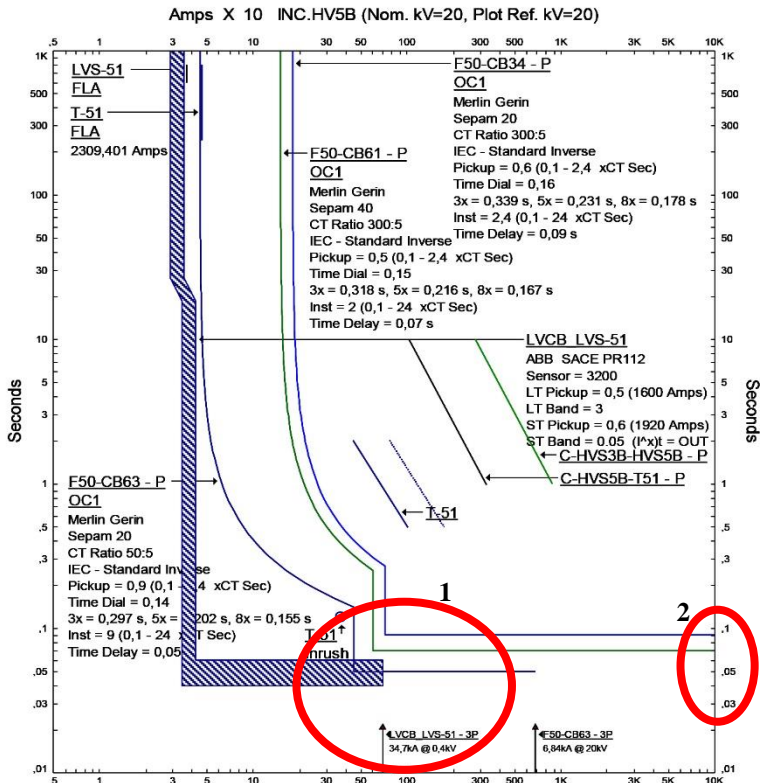
Setelah dilakukan analisa resetting terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 tipikal 1B diatas, urutan kerja trip pada relay saat mengamankan gangguan hubung singkat yang terjadi pada beban CCT sudah terkoordinasi dengan baik.

4.4.3 Koordinasi OCR Tipikal 2

Tipikal 2 ini dimulai dari bus HVS3B sampai dengan beban LVS31 yang berada pada network 2. Pemilihan tipikal 2 ini berdasarkan dari jenis beban yang dilindungi supaya dapat bekerja berkoordinasi.



Gambar 4. 15 Tipikal 2 Eksisting



Gambar 4. 16 TCC Tipikal 2 Eksisting

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between LVS-51 & LVCB_LVS-51. Adjacent bus: OUT.T51					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 18-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
50,0	F50-CB63	0,694	50,0		Phase - OC1 - 50
60,0	LVCB_LVS-51	34,704	40,0	60,0	Phase
60,0	HVS5B-CB63_F6		10,0		Tripped by F50-CB63 Phase - OC1 - 50
70,0	F50-CB61	0,694	70,0		Phase - OC1 - 50
80,0	HVS5B-CB61_F6		10,0		Tripped by F50-CB61 Phase - OC1 - 50
276	F50-CB34	0,694	276		Phase - OC1 - 51
296	HVS3B-CB34_F3		20,0		Tripped by F50-CB34 Phase - OC1 - 51

Gambar 4. 17 Sequence Of Operation Tipikal 2 Eksisting

Dari gambar kurva TCC dan squence of operation dapat dilihat bahwa setting koordinasi relay pengaman arus lebih (OCR) pada SLD eksisting masih terdapat kesalah atau belum terkoordinasi dengan baik. Seperti ditunjukkan oleh nomor :

1. Terdapat kesalahan pengaturan waktu trip relay F50-CB63 sehingga jika terjadi gangguan pada beban LVS-51 akan trip bersamaan dengan LVCB.LVS-51 saat 0,05 detik.
2. Grading time antar kurva terlalu cepat kurang dari 0,2 detik mengakibatkan relay primer dan relay sekunder dapat trip bersamaan.

Setelah dilakukan analisa terhadap kurva TCC Eksisting tipikal 2 diatas, dapat diketahui bahwa perlu dilakukan ressetting terhadap koordinasi relay arus lebih (OCR) tipikal 1A. Berikut ini perhitungan untuk resetting dari masing- masing relay arus lebih.

1. LVCB,LVS-51

Diketahui :

Model	: ABB E3N dengan ABB SACE PR112
Peralatan	: Beban static 1280 KVA 0,4 KV
FLA Peralatan	: 1850 Ampere
Sensor CT	: 3200 Ampere
Isc Max	: 34,7 KA
Isc Min	: 29,8 KA
FLA Trafo	: 1600 KVA 0,4 KV → 2310

Time Overcurrent Pickup

1,05 FLA	< Iset <	1,4 FLA
1,05 x 1850 A	< Iset <	1,4 x 1850 A
1942,5 A	< Iset <	2590 A
$\frac{1942,5 A}{n_{CT}}$	< Tap <	$\frac{2590 A}{n_{CT}}$
$\frac{1942,5 A}{3200}$	< Tap <	$\frac{2590 A}{3200}$
0,607	< Tap <	0,809

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{n_{CT}} \\
 &= \frac{1,2 \times 1850}{3200} \\
 &= 0,69 \rightarrow \text{LT Pickup}
 \end{aligned}$$

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lll} \text{FLA Trafo} & < \text{Iset} < & 0,8 \text{ Isc Minimum} \\ 2310 \text{ A} & < \text{Iset} < & 23873 \text{ A} \\ \frac{2310 \text{ A}}{nCT} & < \text{Iset} < & \frac{23873 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{2310 \text{ A}}{3200} & < \text{Tap} < & \frac{23873 \text{ A}}{3200} \\ 0,721 & < \text{Tap} < & 7,46 \end{array}$$

Karena pada LVCB.LVS-51 juga berada pada trafo T51, maka setting pickup highsetnya paling rendah = FLA trafo

Dipilih Tab = 3500

$$= \frac{3500}{3200}$$

= 0,94 → ST Pickup

Pickup Highset dapat dipilih 1,1 atau diatasnya

Waktu operasi 0,1 detik → ST Band

2. Relay F50 – CB63

Diketahui :

Model : SEPAM 20
Peralatan : Total Trafo 1,6 MVA 20 KV
FLA Peralatan : 46,2 Ampere
Rasio CT : 50/5 Ampere
Isc Max Sekunder : 34,7 KA → 20KV → 694 A
Isc Max Primer : 6,97 KA
Isc Min : 5,99 KA
Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lll} 1,05 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05 \times 46,2 \text{ A} & < \text{Iset} < & 1,4 \times 46,2 \text{ A} \\ 48,5 \text{ A} & < \text{Iset} < & 64,67 \text{ A} \\ \frac{48,5 \text{ A}}{nCT} & < \text{Tap} < & \frac{64,67 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{48,5 \text{ A}}{50} & < \text{Tap} < & \frac{64,67 \text{ A}}{50} \\ 0,97 & < \text{Tap} < & 1,29 \end{array}$$

$$\begin{aligned}\text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\ &= \frac{1,2 \times 46,2}{50} \\ &= \mathbf{1,11}\end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,3 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}\text{Time Delay} &= \left(\frac{13,5}{\frac{I_{sc} \text{ Max LVS} - 51}{I_{setting}} - 1} \times \text{TMS} \right) \\ \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{I_{sc} \text{ Max LVS} - 51}{I_{setting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\ &= \left(\frac{\frac{694}{55,43} - 1}{13,5} \times 0,3 \text{ detik} \right) \\ &= \mathbf{0,26}\end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih 0,26 atau diatasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lll} I_{sc} \text{ Max Sekunder} & < I_{set} < & 0,8 I_{sc} \text{ Minimum} \\ 694 \text{ A} & < I_{set} < & 4795 \text{ A} \\ \frac{694 \text{ A}}{nCT} & < I_{set} < & \frac{4795 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{694 \text{ A}}{50} & < \text{Tap} < & \frac{4795 \text{ A}}{50} \\ 13,88 & < \text{Tap} < & 95,91 \end{array}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

$$\begin{aligned}\text{Dipilih Tab} &= 900 \\ &= \frac{900}{50} \\ &= \mathbf{18}\end{aligned}$$

Pickup Highset dapat dipilih 18 atau diatasnya

Waktu operasi 0,1 detik

3. Relay F50 – CB61 dan F50 – CB34

Diketahui :

Model : SEPAM 40 dan SEPAM 20
Peralatan : Total Trafo daya 2,4 MVA 20 KV
FLA Peralatan : 69,3 Ampere

Rasio CT : 300/5 Ampere
 Isc Max : 7,75 KA
 Isc Min : 6,67 KA
 Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
 1,05 \text{ FLA} &< \text{Iset} < 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 \times 69,3 \text{ A} &< \text{Iset} < 1,4 \times 69,3 \text{ A} \\
 72,75 \text{ A} &< \text{Iset} < 97 \text{ A} \\
 \frac{72,75 \text{ A}}{n_{CT}} &< \text{Tap} < \frac{1592 \text{ A}}{n_{CT}} \\
 \frac{72,75 \text{ A}}{300} &< \text{Tap} < \frac{1592 \text{ A}}{300} \\
 0,24 &< \text{Tap} < 0,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times \text{FLA}}{n_{CT}} \\
 &= \frac{1,2 \times 69,3}{300} \\
 &= \mathbf{0,28}
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,3 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\text{Time Delay} = \left(\frac{\frac{\text{Isc Max}}{\text{Isetting}} - 1}{13,5} \times \text{TMS} \right)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{\text{Isc Max}}{\text{Isetting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\
 &= \left(\frac{\frac{7750}{83,14} - 1}{13,5} \times 0,3 \text{ detik} \right) \\
 &= \mathbf{2,05}
 \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih **2,05** atau diatasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{aligned}
 1,6 \text{ FLA} &< \text{Iset} < 0,8 \text{ Isc Minimum} \\
 110,85 \text{ A} &< \text{Iset} < 5332 \text{ A} \\
 \frac{110,85 \text{ A}}{n_{CT}} &< \text{Iset} < \frac{5332 \text{ A}}{n_{CT}} \\
 \frac{110,85 \text{ A}}{300} &< \text{Tap} < \frac{5332 \text{ A}}{300} \\
 0,37 &< \text{Tap} < 17,77
 \end{aligned}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Karena pada relay F50-CB63 pickup highset = 900 A, maka pada saat pemilihan tap > 900 A

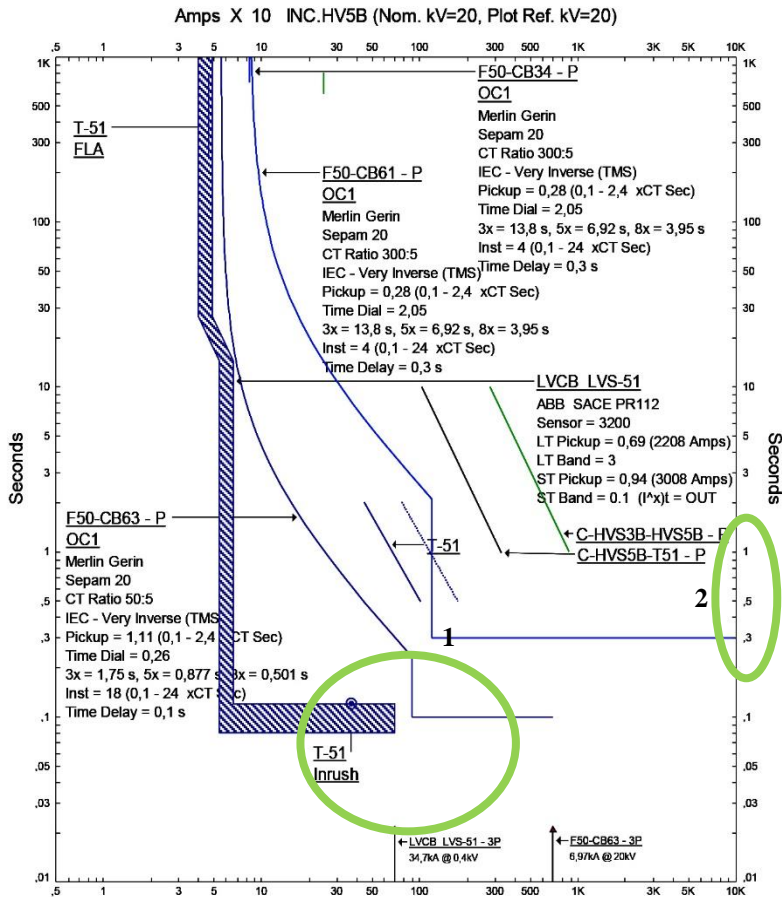
Dipilih Tap = 1200

$$= \frac{1200}{300}$$

= 4

Pickup Highset dapat dipilih 4 atau diatasnya

Waktu operasi 0,3 detik

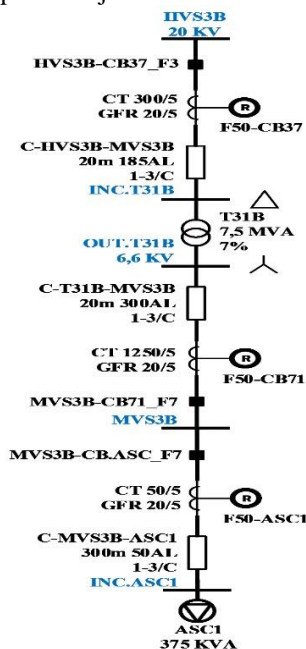


3-Phase (Symmetrical) fault on bus: INC.T51					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 18-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
100	F50-CB63	6,973	100		Phase - OC1 - 50
110	HVS5B-CB63_F6		10,0		Tripped by F50-CB63 Phase - OC1 - 50
300	F50-CB34	6,973	300		Phase - OC1 - 50
300	F50-CB61	6,973	300		Phase - OC1 - 50
310	HVS5B-CB61_F6		10,0		Tripped by F50-CB61 Phase - OC1 - 50
320	HVS3B-CB34_F3		20,0		Tripped by F50-CB34 Phase - OC1 - 50
500	F50-CB31	6,509	500		Phase - OC1 - 50
501	F50-CB24	6,509	501		Phase - OC1 - 50
510	HVS3B-CB31_F3		10,0		Tripped by F50-CB31 Phase - OC1 - 50
521	HVS2B-CB24_F2		20,0		Tripped by F50-CB24 Phase - OC1 - 50
700	F50-CB21	6,509	700		Phase - OC1 - 50
701	F50-CB13	6,509	701		Phase - OC1 - 50

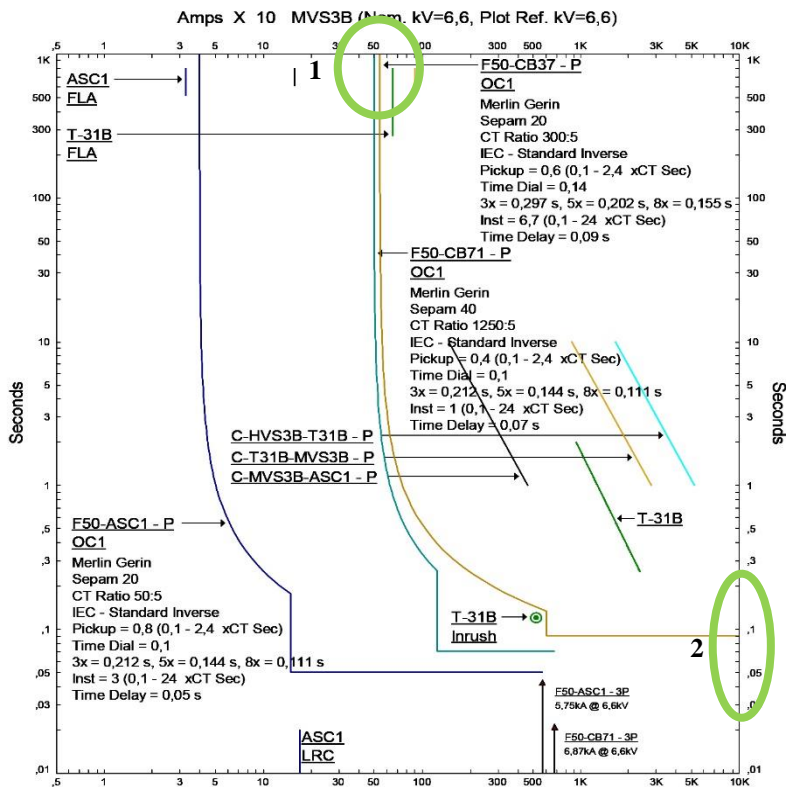
Gambar 4. 19 Sequence Of Operation Tipikal 2 Resetting

4.4.4 Koordinasi OCR Tipikal 3

Pemilihan tipikal 2 ini berdasarkan dari jenis beban yang dilindungi supaya dapat bekerja berkoordinasi.



Gambar 4. 20 Tipikal 3 Eksisting



Gambar 4. 21 TCC Tipikal 3 Eksisting

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between INC.ASC1 & ASC1. Adjacent bus: INC.ASC1					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
50,0	F50-ASC1	5,905	50,0		Phase - OC1 - 50
60,0	MVS3B-CB.ASC1_F7		10,0		Tripped by F50-ASC1 Phase - OC1 - 50
70,0	F50-CB71	5,381	70,0		Phase - OC1 - 50
80,0	MVS3B-CB71_F7		10,0		Tripped by F50-CB71 Phase - OC1 - 50
141	F50-CB37	1,776	141		Phase - OC1 - 51
151	HVS3B-CB37_F3		10,0		Tripped by F50-CB37 Phase - OC1 - 51
196	F50-ASC2	0,131	196		Phase - OC1 - 51
196	F50-ASC3	0,131	196		Phase - OC1 - 51

Gambar 4. 22 Sequence Of Operation Tipikal 3 Eksisting

Dari gambar kurva TCC dan squence of operation dapat dilihat bahwa setting koordinasi relay pengaman arus lebih (OCR) pada SLD eksisting masih terdapat kesalah atau belum terkoordinasi dengan baik. Seperti ditunjukkan oleh nomor :

1. Terdapat kesalahan pada setting pickup lowset F50-CB71 dan F50-CB37 dibawah kurva FLA trafo T31B sehingga tidak sesuai teori $1,05 \text{ FLA} < \text{Iset} < 1,4 \text{ FLA}$.
2. Waktu operasi relay F50-ASC = 0,05 detik sehingga relay bekerja sangat sensitif dan bisa terjadi kesalahan trip karena pada saat hubung singkat 3 fasa 0,5 – 4C relay akan trip karena membaca arus kontribusi dari beban..

Setelah dilakukan analisa terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 tipikal 3 diatas, dapat diketahui bahwa perlu dilakukan resetting terhadap koordinasi relay arus lebih (OCR) tipikal 1B. Berikut ini perhitungan untuk resetting dari masing- masing relay arus lebih.

1. Relay F50 – ASC1

Diketahui :

Model	: SEPAM 20
Peralatan	: Beban Lumped 375 KVA 6,6 KV
FLA Peralatan	: 32,8 Ampere
Rasio CT	: 50/5 Ampere
Isc Max	: 5,9 KA
Isc Min	: 5,07 KA
LRC	: 650% → LRA = $6,5 \times 32,8 = 213,3 \text{ A}$
Tipe Kurva	: Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

1,05 FLA	< Iset <	1,4 FLA
$1,05 \times 32,8 \text{ A}$	< Iset <	$1,4 \times 32,8 \text{ A}$
34,45 A	< Iset <	45,93 A
$\frac{34,45 \text{ A}}{n_{CT}}$	< Tap <	$\frac{45,93 \text{ A}}{n_{CT}}$
$\frac{34,45 \text{ A}}{50}$	< Tap <	$\frac{45,93 \text{ A}}{50}$
0,69	< Tap <	0,92

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times \text{FLA}}{n_{CT}} \\
 &= \frac{1,2 \times 32,8}{50} \\
 &= \mathbf{0,79}
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,3 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\text{Time Delay} = \left(\frac{13,5}{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} - 1} \times \text{TMS} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\ &= \left(\frac{\frac{5900}{39,4} - 1}{13,5} \times 0,3 \text{ detik} \right) \\ &= \mathbf{3,31} \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih 3,31 atau di atasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lll} \text{LRA} & < I_{set} < & 0,8 I_{sc} \text{ Minimum} \\ 213,3 \text{ A} & < I_{set} < & 4060 \text{ A} \\ \frac{213,3 \text{ A}}{nCT} & < I_{set} < & \frac{5339 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{213,3 \text{ A}}{50} & < \text{Tap} < & \frac{5339 \text{ A}}{50} \\ 4,26 & < \text{Tap} < & 81,18 \end{array}$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Karena pada relay F50-ASC melindungi beban lumped sehingga disetting d atasnya LRA dari beban = 213,3 A

Dipilih Tap = 320

$$\begin{aligned} &= \frac{320}{50} \\ &= \mathbf{6,4} \end{aligned}$$

Pickup Highset dapat dipilih 6,4 atau di atasnya

Waktu operasi 0,3 detik

2. Relay F50 – CB71

Diketahui :

Model	: SEPAM 40
Peralatan	: Total Trafo daya 7,5 MVA 6,6 KV
FLA Peralatan	: 656 Ampere
Rasio CT	: 1250/5 Ampere
Isc Max	: 6,89 KA

Isc Min : 5,93 KA
Tipe Kurva : Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,05 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 \times 656 \text{ A} & < \text{Iset} < & 1,4 \times 656 \text{ A} \\
 688,9 \text{ A} & < \text{Iset} < & 918,5 \text{ A} \\
 \frac{688,9 \text{ A}}{nCT} & < \text{Tap} < & \frac{918,5 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{688,9 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{918,5 \text{ A}}{1250} \\
 0,55 & < \text{Tap} < & 0,73
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\
 &= \frac{1,2 \times 656}{1250} \\
 &= \mathbf{0,63}
 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,5 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\begin{aligned}
 \text{Time Delay} &= \left(\frac{13,5}{\frac{Isc \text{ Max}}{Isetting} - 1} \times \text{TMS} \right) \\
 \text{Time Dial} &= \left(\frac{\frac{Isc \text{ Max}}{Isetting} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \\
 &= \left(\frac{\frac{6890}{787,3} - 1}{13,5} \times 0,7 \text{ detik} \right) \\
 &= \mathbf{0,29}
 \end{aligned}$$

Time dial bisa dipilih **0,29** atau di atasnya

Time Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,6 \text{ FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \text{ Isc Minimum} \\
 1050 \text{ A} & < \text{Iset} < & 4740 \text{ A} \\
 \frac{1050 \text{ A}}{nCT} & < \text{Iset} < & \frac{4740 \text{ A}}{nCT} \\
 \frac{1050 \text{ A}}{1250} & < \text{Tap} < & \frac{4740 \text{ A}}{1250} \\
 0,84 & < \text{Tap} < & 3,79
 \end{array}$$

Pickup range : **0,1 – 24 xCT Sekunder**

Karena pada relay ini mengamankan sekunder trafo T41B dan terdapat 5 beban lumped di busbar maka pickup highset minimal disetting misal 3 beban starting bersamaan ($3 \text{ LRA} = 2 \times 214 \text{ A}$)

Dipilih Tab = 2000

$$= \frac{2000}{1250} \\ = 1,6$$

Pickup Highset dapat dipilih 1,6 atau diatasnya

Waktu operasi 0,5 detik

3. Relay F50 – CB37

Diketahui :

Model	: SEPAM 20
Peralatan	: Total Trafo daya 7,5 MVA 20 KV
FLA Peralatan	: 216,5 Ampere
Rasio CT	: 300/5 Ampere
Isc Max Lumped	: 5,9 KA → 20 KV → 1947 A
Isc Max Primer	: 8,71 KA
Isc Min	: 7,49 KA
Tipe Kurva	: Very Inverse (TMS)

Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \text{ FLA} &< \text{Iset} < 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05 \times 216,5 \text{ A} &< \text{Iset} < 1,4 \times 216,5 \text{ A} \\ 227,4 \text{ A} &< \text{Iset} < 303,1 \text{ A} \\ \frac{227,4 \text{ A}}{nCT} &< \text{Tap} < \frac{303,1 \text{ A}}{nCT} \\ \frac{227,4 \text{ A}}{300} &< \text{Tap} < \frac{303,1 \text{ A}}{300} \\ 0,76 &< \text{Tap} < 0,10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dipilih Tap} &= \frac{1,2 \times FLA}{nCT} \\ &= \frac{1,2 \times 216,5}{300} \\ &= 0,87 \end{aligned}$$

Time Dial

Dipilih waktu operasi = 0,7 detik

Kurva yang digunakan **IEC - Very Inverse (TMS)**

$$\text{Time Delay} = \left(\frac{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{\text{setting}}} - 1}{13,5} \times \text{TMS} \right)$$

$$\text{Time Dial} = \left(\frac{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{\text{setting}}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right)$$

$$= \left(\frac{\frac{8710}{260} - 1}{13,5} \times 0,7 \text{ detik} \right)$$

$$= \mathbf{0,34}$$

Time dial bisa dipilih 0,34 atau di atasnya

Time Instantaneous Pickup

$$I_{sc \text{ Max Skunder}} < I_{\text{set}} < 0,8 I_{sc \text{ Minimum}}$$

$$1947 \text{ A} < I_{\text{set}} < \text{A}$$

$$\frac{1947 \text{ A}}{nCT} < I_{\text{set}} < \frac{5992,5 \text{ A}}{nCT}$$

$$\frac{1947 \text{ A}}{300} < \text{Tap} < \frac{5992,5 \text{ A}}{300}$$

$$0,49 < \text{Tap} < 19,97$$

Pickup range : 0,1 – 24 xCT Sekunder

Pickup harus disetting diatas F50-CB71 = 2000 A dan dibawah F50-CB31 = 4500 A

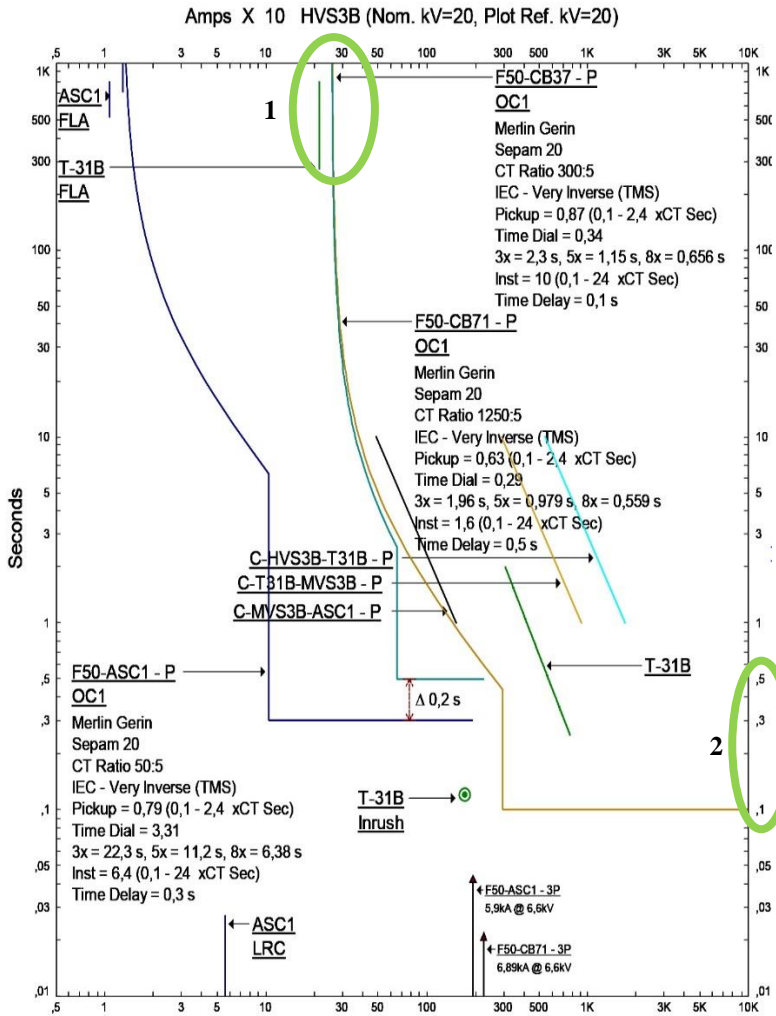
Dipilih Tab = 3000

$$= \frac{3000}{300}$$

$$= \mathbf{10}$$

Pickup Highset dapat dipilih 10 atau di atasnya

Waktu operasi 0,1 detik



Gambar 4. 23 TCC Tipikal 3 Resetting

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between INC.ASC1 & ASC1. Adjacent bus: INC.ASC1					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
300	F50-ASC1	5,905	300		Phase - OC1 - 50
310	MVS3B-CB.ASC1		10,0		Tripped by F50-ASC1 Phase - OC1 - 50
500	F50-CB71	5,381	500		Phase - OC1 - 50
510	MVS3B-CB71_F7		10,0		Tripped by F50-CB71 Phase - OC1 - 50
791	F50-CB37	1,776	791		Phase - OC1 - 51

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: INC.T31B					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
100	F50-CB37	8,709	100		Phase - OC1 - 50
110	HVS3B-CB37_F3		10,0		Tripped by F50-CB37 Phase - OC1 - 50
500	F50-CB24	8,364	500		Phase - OC1 - 50
500	F50-CB31	8,364	500		Phase - OC1 - 50
510	HVS3B-CB31_F3		10,0		Tripped by F50-CB31 Phase - OC1 - 50
520	HVS2B-CB24_F2		20,0		Tripped by F50-CB24 Phase - OC1 - 50
700	F50-CB13	8,364	700		Phase - OC1 - 50
700	F50-CB21	8,364	700		Phase - OC1 - 50

Gambar 4. 24 Sequence Of Operation Tipikal 3 Resetting

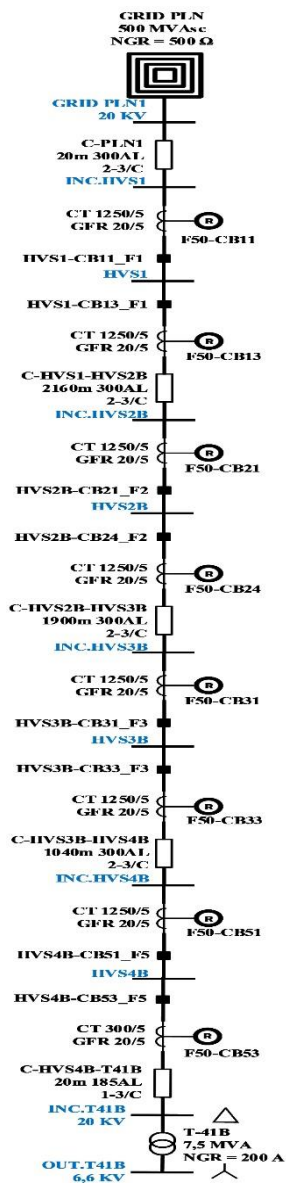
4.5 Koordinasi Pengaman GFR

Analisa koordinasi ground fault merupakan suatu hal yang harus dilakukan jika sebuah sistem distribusi kelistrikan memiliki suatu trafo atau generator yang terhubung ke tanah melalui konfigurasi belitan star (Y) peralatan. Sistem pentanahan pada kelistrikan distribusi sangatlah luas sehingga pada sub bab 4.5 hanya akan membahas mengenai koordinasi pengaman sistem pentanahan dengan impedansi pada distribusi kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong.

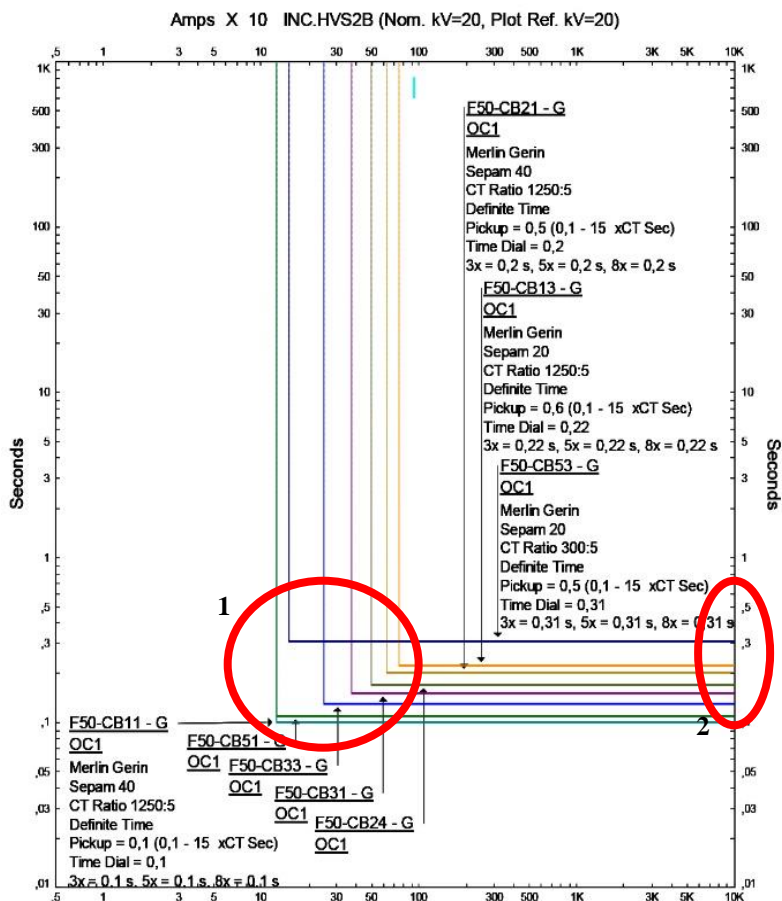
Sistem kelistrikan pada PT Terminal Teluk Lamong yang memiliki GFR (Ground Fault Relay) hanya pada sistem level tegangan 6,6 KV dan 20 KV. Sehingga untuk menunjang keandalan penyaluran energi listrik pada proses bongkar muat petikemas, koordinasi GFR sangatlah penting.

4.5.1 Koordinasi GFR Pada Tegangan 20 KV

Analisa ini dilakukan Grid PLN sampai dengan sisi primer trafo daya 20/6,6 KV.



Gambar 4. 25 Tipikal GFR 20KV



Gambar 4. 26 TCC Tipikal GFR 20KV Eksisting

Line-to-Ground (Symmetrical) fault on bus: INC.T41B					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
No device tripped.					

Gambar 4. 27 Sequence Of Operation Tipikal GFR 20KV Eksisting

Dari gambar kurva TCC dan sequence of operation dapat dilihat bahwa setting koordinasi relay pengaman ground fault (GFR) pada SLD eksisting terdapat kesalahan setting seperti :

1. Pickup yang terlalu besar dari arus hubung singkat 1 fasa ke tanah = $V_{\text{fasa}} / \text{Impedansi NGR} \rightarrow 23\text{A}$
2. Kurva pickup relay F50-CB11 terlalu rendah dari relay dibawahnya sehingga jika ada gangguan fasa ke tanah akan terjadi kesalahan trip.
3. Grading time antara relay kurang dari 0,2 detik sehingga akan terjadi trip bersamaan.

Berikut ini setting koordinasi relay ground fault (GFR).

Ketentuan Setting

Jenis Kurva : Definite Time
 Rasio CT : 20/5
 Tegangan sistem 3 ϕ : 20 KV
 Tegangan sistem 1 ϕ : 11,55 KV
 NGR : 500 Ω (Dari Trafo 60 MVA PLN)

$$\begin{aligned} \text{Arus Hubung Singkat} &= V_{\text{fasa}} / \text{Impedansi NGR} \\ &= \frac{11,5 \text{ KV}}{500 \Omega} = 23 \text{ A} \end{aligned}$$

Isetting

$$\begin{aligned} 10\% \text{ NGR} &< \text{Iset} < 50\% \text{ NGR} \\ 0,1 \times 23 \text{ A} &< \text{Iset} < 0,5 \times 23 \text{ A} \\ \frac{2,3 \text{ A}}{20} &< \text{Tap} < \frac{11,5 \text{ A}}{20} \\ 0,115 &< \text{Tap} < 0,575 \end{aligned}$$

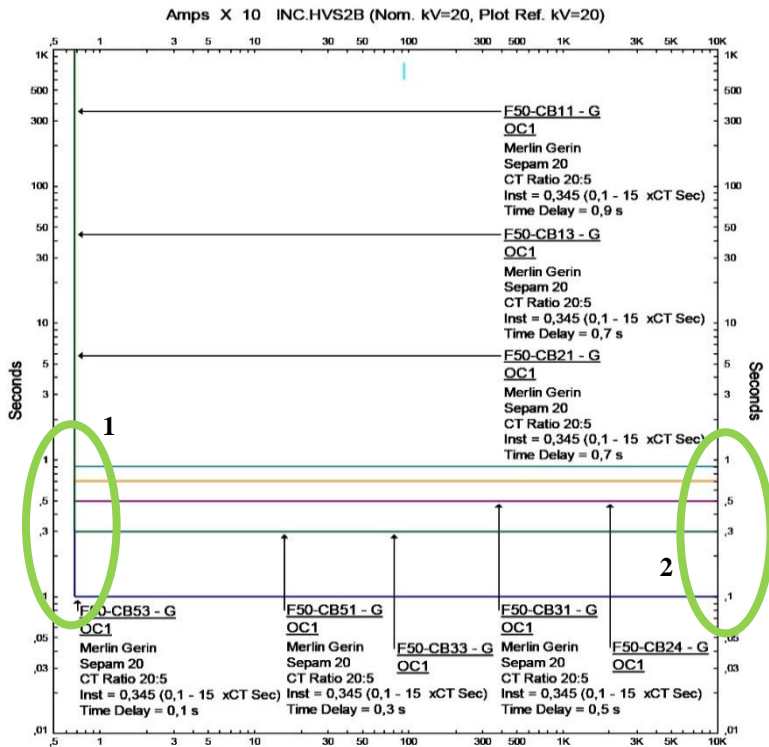
$$\text{Dipilih Isetting} = 30\% \text{ NGR} = 6,9 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{Tap} &= \frac{6,9 \text{ A}}{20} \\ &= 0,345 \end{aligned}$$

Waktu kerja = Mulai paling bawah 0,1 detik karena paling ujung adalah trafo serta waktu tunda 0,2 detik.

Tabel 4. 1 Resetting Koordinasi GFR 20 KV

KETENTUAN	F50-CB53	F50-CB51	F50-CB33	F50-CB31
Jenis Kurva	Definite	Definite	Definite	Definite
CT Rasio	20/5	20/5	20/5	20/5
ISetting	6,9 A	6,9 A	6,9 A	6,9 A
Tap	0,345	0,345	0,345	0,345
Waktu Kerja	0,1	0,3	0,3	0,5
KETENTUAN	F50-CB24	F50-CB21	F50-CB13	F50-CB11
Jenis Kurva	Definite	Definite	Definite	Definite
CT Rasio	20/5	20/5	20/5	20/5
ISetting	6,9 A	6,9 A	6,9 A	6,9 A
Tap	0,345	0,345	0,345	0,345
Waktu Kerja	0,5	0,7	0,7	0,9



Gambar 4. 28 TCC Tipikal GFR 20 KV Resetting

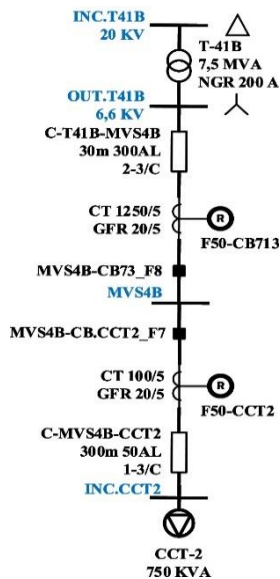
Line-to-Ground (Symmetrical) fault on bus: INC.T41B					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
100	F50-CB53	0,016	100		Ground - OC1 - 50
110	HVS4B-CB53_F5		10,0		Tripped by F50-CB53 Ground - OC1 - 50
300	F50-CB33	0,016	300		Ground - OC1 - 50
300	F50-CB51	0,016	300		Ground - OC1 - 50
310	HVS4B-CB51_F5		10,0		Tripped by F50-CB51 Ground - OC1 - 50
320	HVS3B-CB33_F3		20,0		Tripped by F50-CB33 Ground - OC1 - 50
500	F50-CB24	0,016	500		Ground - OC1 - 50
500	F50-CB31	0,016	500		Ground - OC1 - 50

Gambar 4. 29 Squence Of Operation Tipikal GFR 20 KV Resetting

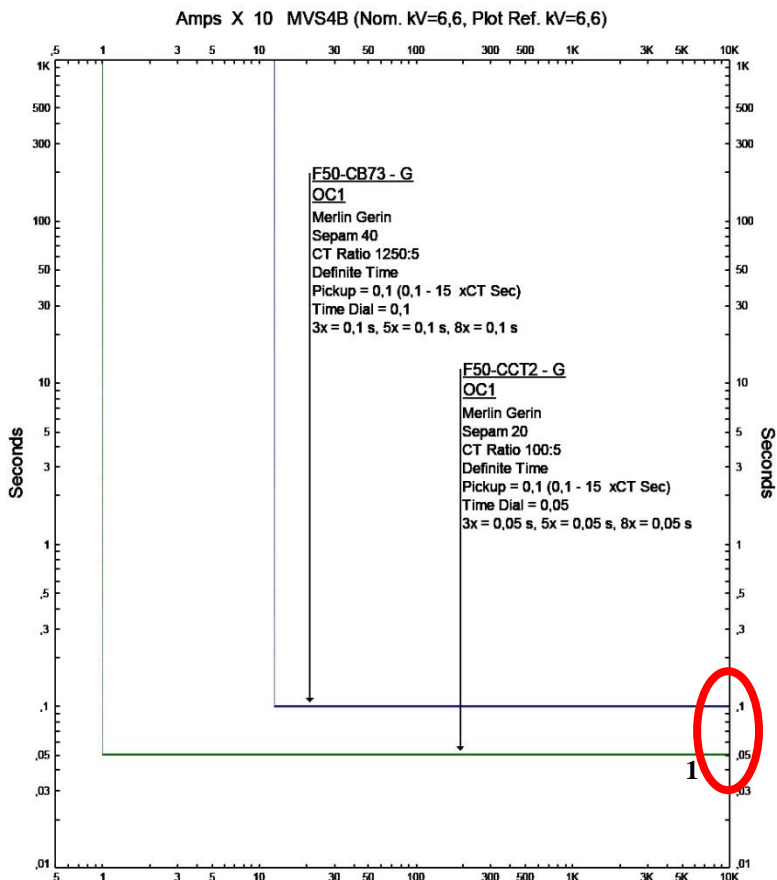
Setelah dilakukan analisa resetting terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 diatas, urutan kerja trip pada relay GFR saat mengamankan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah yang terjadi pada tegangan operasi 20 KV sudah terkoordinasi dengan baik.

4.5.2 Koordinasi GFR Pada Tegangan 6,6 KV

Analisa ini dilakukan dari sisi sekunder trafo daya 20/6,6 KV sampai beban



Gambar 4. 30 Tipikal GFR 6,6 KV



Gambar 4. 31 TCC Tipikal GFR 6,6 KV Eksisting

Line-to-Ground (Symmetrical) fault on connector between INC.CCT2 & CCT-2. Adjacent bus: INC.CCT2					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
50,0	F50-CCT2	0,039	50,0		Ground - OC1 - 51
60,0	MVS4B-CB....	10,0			Tripped by F50-CCT2 Ground - OC1 - 51

Gambar 4. 32 Sequence Of Operation Tipikal GFR 6,6 KV Eksisting

Dari gambar kurva TCC dan sequence of operation dapat dilihat bahwa setting koordinasi relay pengaman ground fault (GFR) pada SLD eksisting terdapat kesalahan setting seperti :

1. Pickup relay F50-CB73 terlalu besar dari arus hubung singkat 1 fasa ke tanah di bus peralatan CCT2 sehingga tidak bisa membackup gangguan.
2. Grading time antara relay kurang dari 0,2 detik sehingga akan terjadi trip bersamaan.

Ketentuan Setting

Jenis Kurva : Definite Time
 Rasio CT : 20/5
 Tegangan sistem 3ϕ : 6,6 KV
 NGR : 200 A (Dari Trafo Perusahaan)

Isetting

$$\begin{array}{lll}
 10\% \text{ NGR} & < I_{set} < & 50\% \text{ NGR} \\
 0,1 \times 200 \text{ A} & < I_{set} < & 0,5 \times 200 \text{ A} \\
 \frac{20 \text{ A}}{20} & < \text{Tap} < & \frac{100 \text{ A}}{20} \\
 1 & < \text{Tap} < & 5
 \end{array}$$

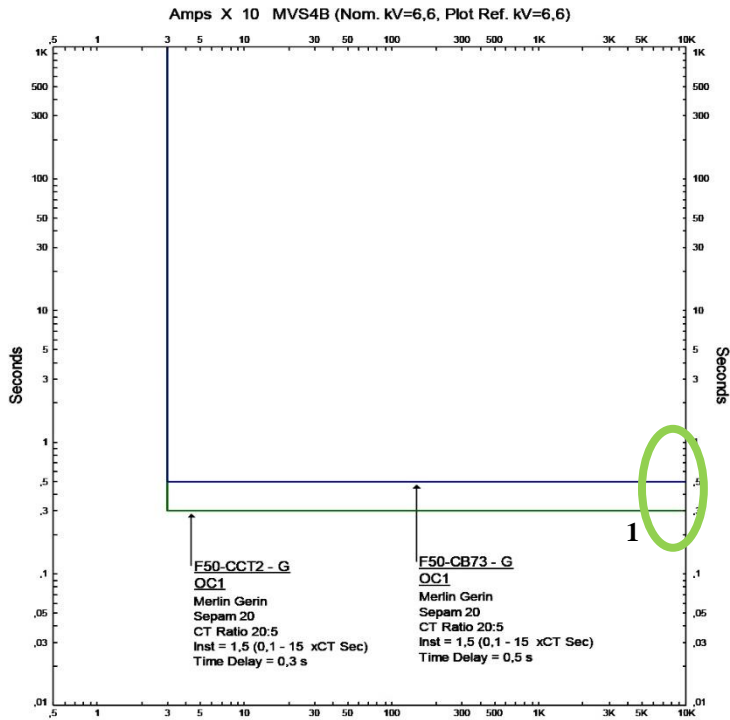
Dipilih Isetting = 15% NGR = 30 A

$$\begin{aligned}
 \text{Tap} &= \frac{30 \text{ A}}{20} \\
 &= 1,5
 \end{aligned}$$

Waktu kerja = Mulai paling bawah 0,3 detik karena beban berupa lumped serta waktu tunda 0,2 detik.

Tabel 4. 2 Resetting Koordinasi GFR 6,6 KV

KETENTUAN	F50-CB53	F50-CB33
Jenis Kurva	Definite	Definite
CT Rasio	20/5	20/5
ISetting	30 A	30 A
Tap	1,5	1,5
Waktu Kerja	0,3	0,5



Gambar 4. 33 TCC Tipikal GFR 6,6 KV Resetting

Line-to-Ground (Symmetrical) fault on connector between INC.CCT2 & CCT-2. Adjacent bus: INC.CCT2					
Data Rev.: Base		Config: Normal		Date: 19-07-2017	
Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
300	F50-CCT2	0,039	300		Ground - OC1 - 50
310	MVS4B-CB....		10,0		Tripped by F50-CCT2 Ground - OC1 - 50
500	F50-CB73	0,039	500		Ground - OC1 - 50
510	MVS4B-CB7...		10,0		Tripped by F50-CB73 Ground - OC1 - 50

Gambar 4. 34 Sequence Of Operation Tipikal GFR 6,6 KV Resetting

Setelah dilakukan analisa resetting terhadap kurva TCC SLD eksisting 2014 diatas, urutan kerja trip pada relay GFR saat mengamankan gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah yang terjadi pada tegangan operasi 6,6 KV sudah terkoordinasi dengan baik.

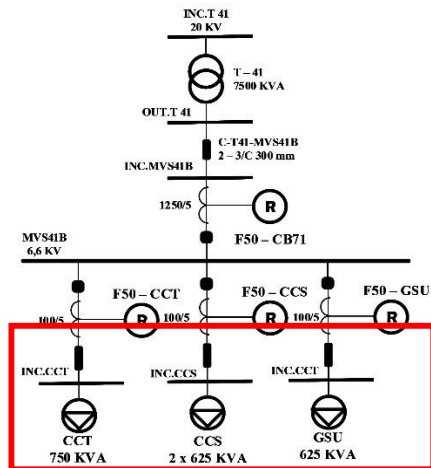
4.6 Analisa Koordinasi OCR Pada SLD Pengembangan

Pada sub bab ini akan membahas mengenai bagaimana keandalan koordinasi proteksi jika pada sistem distribusi kelistrikannya dilakukan pengembangan atau penambahan peralatan. Karena ketika ditambahkan peralatan bersifat induktansi maka pada saat terjadi hubung singkat 3 fasa ke tanah dengan durasi waktu 0,5 sampai 4 cycle akan memberikan arus kontribusi ke bus fault. Sehingga dalam melakukan pengembangan sistem distribusi kelistrikan harus dilakukan analisa- analisa perhitungan arus kontribusi beban sehingga dapat menentukan keandalan setting OCR yang ada.

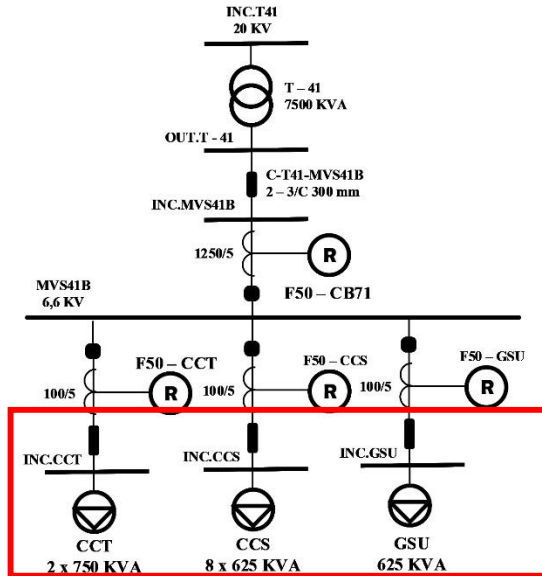
Karena PT Terminal Teluk Lamong termasuk dalam megaprojek pelabuhan yang terintegrasi maka Terminal ini akan dibangun dalam 4 tahap, dan untuk saat ini sudah selesai dan resmi beroperasi untuk tahap 1 pada tanggal 12 Nopember 2014. Untuk tahap selanjutnya akan dikembangkan dermaga dan dibangun fasilitas bongkar muat beragam jenis serta reklamasi kawasan industri. Dari pengembangan yang akan dilakukan nantinya peralatan ditambahkan pada bus- bus yang ada sekarang sehingga jika terjadi hubung singkat akan memberikan arus kontribusi ke sistem.

4.6.1 Analisa Pengembangan Tipikal 1A

Menurut roadmap yang ada pengembangan sistem kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong pada tahap ke-4 akan ada penambahan beban pada tipikal 1A.



Gambar 4. 35 SLD 2014 Eksisting



Gambar 4. 36 Perencanaan SLD Pengembangan Tahap 4

Pada saat terjadi penambahan beban pada bus MVS41B dengan jenis beban lumped maka jika terjadi gangguan hubung singkat di bus INC.CCT nilai arus hubung singkatnya pada 0,5 sampai 4 cycle akan bertambah besar nilainya dari sebelumnya. Hal ini terjadi karena adanya arus kontribusi dari beban- beban lumped tambahan. Untuk menghitung besar arus kontribusi lumped yaitu :

$$\text{Arus kontribusi} = \frac{1}{Z \text{ beban} + \text{saluran}} \times \frac{\text{MVA base}}{\sqrt{3} \times V \text{ bus fault}} \quad \dots (4.1)$$

Impedansi beban dapat dicari dengan menggunakan rumus

$$X \text{ lumped} = \frac{KV^2}{\% \text{ MVA motor Lumped}} \times \frac{1}{LRC \text{ lumped}} = \dots \text{ ohm} \quad \dots (4.2)$$

$$Z \text{ Base} = \frac{KV^2}{\text{MVA base}} = \dots \text{ p.u} \quad \dots (4.3)$$

$$Z \text{ lumped} = \frac{X \text{ lumped}}{Z \text{ Base}} = \dots \text{ p.u} \quad \dots (4.4)$$

Dari rumus tersebut tiap beban yang terpasang pada MVS41B dapat dihitung besar arus kontribusi saat terjadi hubung singkat 0,5 sampai 4

cycle. Dari penjumlahan total semua arus kontribusi tersebut dapat digunakan untuk menganalisa keandalan setting koordinasi proteksi pada tipikal 1A pada bus INC.CCT saat terjadi penambahan.

1. Analisa Beban CCT 750KVA

Sepesifikasi

Rating daya lumped: 750 KVA

Komposisi beban : 80% motor, 20% static

Rating daya motor : 600 KVA

Tegangan operasi : 6,6 KV

LRC : 650%

MVA base etap : 100 MVA

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ X lumped} &= \frac{KV^2}{MVA \text{ motor}} \times \frac{1}{LRC} & \bullet \text{ Z base} &= \frac{KV^2}{MVA \text{ base}} \\
 &= \frac{6,6^2}{0,6 \text{ MVA}} \times \frac{1}{6,5} & &= \frac{6,6^2}{100 \text{ MVA}} \\
 &= 11,17 \Omega & &= 0,436 \text{ p.u} \\
 \\
 \bullet \text{ Z lumped} &= \frac{X \text{ lumped}}{Z \text{ base}} \\
 &= \frac{11,17}{0,436} \\
 &= 25,61 \text{ p.u}
 \end{aligned}$$

Jadi Maksimum arus kontribus yang dapat diberikan oleh lumped saat terjadi hubung singkat pada 0,5 sampai 4 cycle sebesar

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Isc Kontribusi} &= \frac{1}{Z \text{ lumped}} \times \frac{MVA \text{ base}}{\sqrt{3} \times V \text{ bus fault}} \\
 &= \frac{1}{25,61} \times \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 6,6 \text{ KV}} \\
 &= \mathbf{341,6 \text{ Ampere}}
 \end{aligned}$$

2. Analisa Beban CCS 625KVA

Sepesifikasi

Rating daya lumped: 625 KVA

Komposisi beban : 80% motor, 20% static

Rating daya motor : 500 KVA

Tegangan operasi : 6,6 KV

LRC : 650%

- $$\begin{aligned}
 X \text{ lumped} &= \frac{KV^2}{MVA \text{ motor}} \times \frac{1}{LRC} \\
 &= \frac{6,6^2}{0,5 \text{ MVA}} \times \frac{1}{6,5} \\
 &= 13,4 \, \Omega
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 Z \text{ base} &= \frac{KV^2}{MVA \text{ base}} \\
 &= \frac{6,6^2}{100 \text{ MVA}} \\
 &= 0,436 \text{ p.u}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 Z \text{ lumped} &= \frac{X \text{ lumped}}{Z \text{ base}} \\
 &= \frac{13,4}{0,436} \\
 &= 30,74 \text{ p.u}
 \end{aligned}$$

Jadi Maksimum arus kontribus yang dapat diberikan oleh lumped saat terjadi hubung singkat pada 0,5 sampai 4 cycle sebesar

- $$\begin{aligned}
 I_{sc} \text{ Kontribusi} &= \frac{1}{Z \text{ lumped}} \times \frac{MVA \text{ base}}{\sqrt{3} \times V \text{ bus fault}} \\
 &= \frac{1}{30,74} \times \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 6,6 \text{ KV}} \\
 &= \mathbf{284,5 \text{ Ampere}}
 \end{aligned}$$

3. Analisa Beban GSU 625KVA

Sepesifikasi

Rating daya lumped: 625 KVA

Komposisi beban : 80% motor, 20% static

Rating daya motor : 500 KVA

Tegangan operasi : 6,6 KV

LRC : 650%

MVA base etap : 100 MVA

- $$\begin{aligned}
 X \text{ lumped} &= \frac{KV^2}{MVA \text{ motor}} \times \frac{1}{LRC} \\
 &= \frac{6,6^2}{0,5 \text{ MVA}} \times \frac{1}{6,5} \\
 &= 13,4 \, \Omega
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 Z \text{ base} &= \frac{KV^2}{MVA \text{ base}} \\
 &= \frac{6,6^2}{100 \text{ MVA}} \\
 &= 0,436 \text{ p.u}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 Z \text{ lumped} &= \frac{X \text{ lumped}}{Z \text{ base}} \\
 &= \frac{13,4}{0,436} \\
 &= 30,74 \text{ p.u}
 \end{aligned}$$

Jadi Maksimum arus kontribus yang dapat diberikan oleh lumped saat terjadi hubung singkat pada 0,5 sampai 4 cycle sebesar

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad I_{sc} \text{ Kontribusi} &= \frac{1}{Z_{lumped}} \times \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times V_{bus \text{ fault}}} \\
 &= \frac{1}{30,74} \times \frac{100 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 6,6 \text{ KV}} \\
 &= \mathbf{284,5 \text{ Ampere}}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 1A

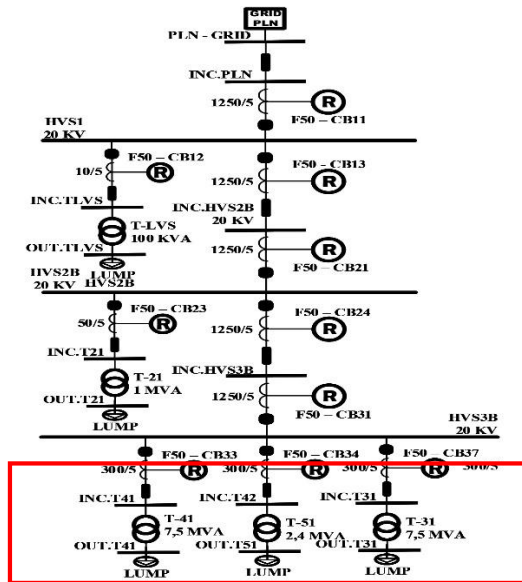
Eksisting 2014	30 Cycle	4 Cycle	0,5 Cycle
F50 - CCT1	5,7 KA	6,1 KA	6,3 KA
F50 - CCS1	5,7 KA	6,1 KA	6,3 KA
F50 - GSU1	5,7 KA	6,1 KA	6,3 KA
F50 – CB73	7,3 KA	7,3 KA	7,4 KA
PENGEMBANGAN	30 Cycle	4 Cycle	0,5 Cycle
F50 - CCT1	5,7 KA	7 KA	7,5 KA
F50 - CCS1	5,7 KA	7 KA	7,5 KA
F50 - GSU1	5,7 KA	7 KA	7,5 KA
F50 – CB73	7,3 KA	7,7 KA	7,8 KA

Semua analisa perhitungan arus kontribusi beban tersebut mengabaikan impedansi kabel untuk mendapatkan perubahan besar arus hubung singkat pada waktu 0,5 sampai 4 cycle. Jika impedansi kabel dan impedansi trafo dimasukkan pada perhitungan maka nilai arus kontribusi lebih rendah. Semua arus kontribusi ini akan menuju ke bus fault sehingga besar arus hubung singkat menjadi lebih besar saat 0,5-4C.

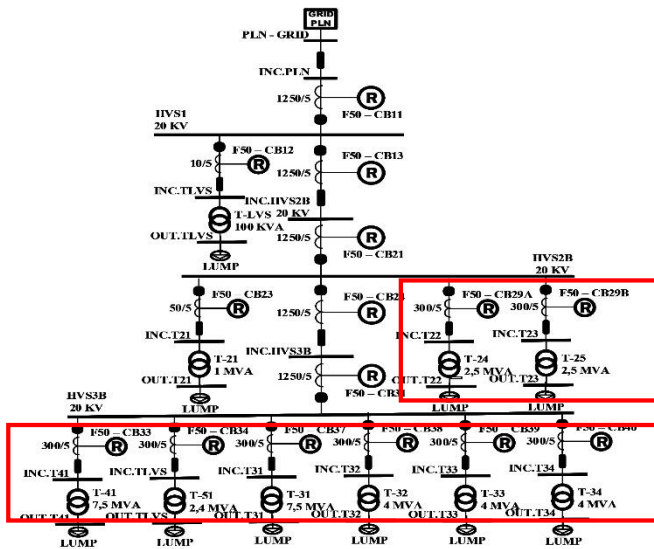
Dari data tabel xx bahwa koordinasi relay pengaman pada tipikal 1A untuk setting pickup lowset dan highset relay OCR tidak bermasalah karena pada tipikal 1A koordinasi relay yang bekerja hanyalah relay 50 (Instan) sehingga jika terjadi peningkatan arus hubung singkat akibat adanya arus kontribusi relay – relay pada tipikal 1 masih bisa bekerja berkoordinasi.

4.6.2 Analisa Pengembangan Tipikal 1B

Menurut roadmap yang ada pengembangan sistem kelistrikan PT Terminal Teluk Lamong pada tahap ke-4 akan ada penambahan beban pada tipikal 1A.



Gambar 4. 37 SLD Tipikal 1B Eksisting



Gambar 4. 38 SLD Tipikal 1B Pengembangan

Pada saat terjadi penambahan beban di bus HVS3B maka akan terjadi peningkatan besar arus nominal (FLA) pada saluran- saluran penghubung serta terjadi penambahan besar arus kontribusi dari peralatan saat terjadi hubung singkat 3 fasa 0,5 – 4C. Akibat adanya penambahan FLA pada relay – relay saluran penghubung maka akan mempengaruhi koordinasi relay pengaman pada tipikal 1B terutama di saluran penghubung antar HVS. Selain itu saat terjadi arus hubung singkat juga akan mempengaruhi koordinasi relay pengaman pada tipikal 1B. Sehingga jika terjadi penambahan peralatan pada tipikal 1B perlu diadakan resetting koordinasi relay pengaman karena relay pada tipikal 1B akan bekerja pada kurva 51 (Inverse) sebagai pengaman overload dan pengaman backup saat terjadi gangguan di sekunder trafo atau peralatan.

Tabel 4. 4 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 1B

Eksisting 2014	FLA	30 Cycle	4 Cycle	0,5 Cycle
F50 – CB33	216,5 A	7,4 KA	7,7 KA	7,8 KA
F50 – CB34	69,3 A	7,1 KA	7,6 KA	7,8 KA
F50 – CB37	216,5 A	8,2 KA	8,6 KA	8,7 KA
F50 – CB31	502,3 A	8,3 KA	8,4 KA	8,4 KA
PENGEMBANGAN	FLA	30 Cycle	4 Cycle	0,5 Cycle
F50 – CB33	216,5 A	7,4 KA	8,7 KA	9,3 KA
F50 – CB34	69,3 A	7,1 KA	8,8 KA	9,3 KA
F50 – CB37	216,5 A	8,2 KA	9,9 KA	11 KA
F50 – CB31	848,7 A	8,3 KA	8,7 KA	8,8 KA

Dari data tabel xx bahwa koordinasi relay pengaman pada tipikal 1B untuk setting time dial dan pickup lowset pada relay – relay tipikal 1B harus disetting ulang sehingga dapat bekerja mengamankan overload dan berkoordinasi dengan relay pada tipikal 1A sebagai relay backup.

$$\text{Time Delay} = \left(\frac{13,5}{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} - 1} \times \text{TMS} \right) \quad \dots (4. 5)$$

$$\text{Time Dial} = \left(\frac{\frac{I_{sc \text{ Max}}}{I_{setting}} - 1}{13,5} \times \text{Time Delay} \right) \quad \dots (4. 6)$$

Dari persamman very inverse diatas dapat dilihat bahwa jika Isc Max dan Iset (FLA) berubah maka akan merubah time dial (kelengkuan kurva inverse) relay tersebut.

4.7 Perbandingan Setting OCR

Pada bab ini akan menampilkan hasil analisa koordinasi proteksi pada SLD eksisting, resetting SLD eksisting dan resetting pada saat ada pengembangan sistem kelistrikan dan penambahan beban.

4.7.1 Tipikal 1

Tabel 4. 5 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 1

KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CCT2	F50-CCT2	F50-CCT2
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	6,3 KA	6,3 KA	7,57 KA
Rasio CT	100	100	100
Pickup Lowset	0,66	0,79	0,79
Time Dial	0,55	1,76	2,11
Pickup Highset	2	5,12	5,12
Waktu (Detik)	0,05	0,3	0,3
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB73	F50-CB73	F50-CB73
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	7,4 KA	7,4 KA	7,84 KA
Rasio CT	1250	1250	1250
Pickup Lowset	0,34	0,63	0,63
Time Dial	0,2	0,31	0,33
Pickup Highset	2	2,1	2,1
Waktu (Detik)	0,07	0,5	0,5
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB53	F50-CB53	F50-CB53
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	7,73 KA	7,73 KA	9,26 KA
Rasio CT	300	300	300
Pickup Lowset	0,5	0,87	0,87
Time Dial	0,31	0,36	0,46
Pickup Highset	7	10	10
Waktu (Detik)	0,09	0,1	0,1
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB51-33	F50-CB51-33	F50-CB51-33
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	7,76 KA	7,76 KA	9,31 KA

Rasio CT	1250	1250	1250
Pickup Lowset	0,3	0,21	0,21
Time Dial	0,33	0,64	0,77
Pickup Highset	1,8	2,8	2,8
Waktu (Detik)	0,11	0,3	0,3
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB31-24	F50-CB31-24	F50-CB31-24
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	8,41 KA	8,41 KA	8,88 KA
Rasio CT	1250	1250	1250
Pickup Lowset	0,4	0,44	0,82
Time Dial	0,26	0,53	0,29
Pickup Highset	2,4	3,6	3,6
Waktu (Detik)	0,15	0,5	0,5
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB21-13	F50-CB21-13	F50-CB21-13
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	10,56 KA	10,56 KA	11,32 KA
Rasio CT	1250	1250	1250
Pickup Lowset	0,48	0,47	0,97
Time Dial	0,33	0,89	0,43
Pickup Highset	3	4,4	4,4
Waktu (Detik)	0,19	0,7	0,7
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB11	F50-CB11	F50-CB11
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	14,38 KA	14,38	14,38
Rasio CT	1250	1250	1250
Pickup Lowset	0,52	1	1,96
Time Dial	0,38	0,7	0,33
Pickup Highset	3,4	4,8	4,8
Waktu (Detik)	0,23	0,3	0,3

Dari data tabel 4.5 terdapat beberapa kesalahan pada setting eksisting sehingga perlu dilakukan reseeting ulang untuk memperbaiki beberapa kesalahan pada kurva 50 (Instan) dan 51 (Inverse). Selain itu juga terdapat analisa koordinasi saat terjadi penambahan peralatan pada SLD ekasisting sehingga yang perlu di evaluasi adalah kurva 51 (Inverse) karena besar FLA dan arus hubung singkat yang meningkat.

4.7.2 Tipikal 2

Tabel 4. 6 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 2

KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	LVCB.LVS-51	LVCB.LVS-51	LVCB.LVS-51
Model	ABB E3N	ABB E3N	ABB E3N
	SACE PR 112	SACE PR 112	SACE PR 112
Isc Max 0,5C	34,7 KA	34,7 KA	34,7 KA
Rasio CT	3200	1250	1250
Pickup LT	0,4	0,44	0,61
Pickup ST	2,4	3,6	0,94
Waktu (Detik)	0,15	0,1	0,1
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB63	F50-CB63	F50-CB63
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	6,97 KA	6,97 KA	8,13 KA
Rasio CT	50	50	50
Pickup Lowset	0,9	1,11	1,11
Time Dial	0,14	0,26	0,43
Pickup Highset	9	18	18
Waktu (Detik)	0,05	0,1	0,1
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB61-34	F50-CB61-34	F50-CB61-34
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	7,75 KA	7,75 KA	9,28 KA
Rasio CT	300	300	300
Pickup Lowset	0,5	0,28	0,28
Time Dial	0,15	2,05	2,46
Pickup Highset	2	4	4
Waktu (Detik)	0,07	0,3	0,3

Dari data tabel 4.6 terdapat beberapa kesalahan pada setting eksisting sehingga perlu dilakukan reseeting ulang untuk memperbaiki beberapa kesalahan pada kurva 50 (Instan) dan 51 (Inverse). Selain itu juga terdapat analisa koordinasi saat terjadi penambahan peralatan pada SLD eksisting sehingga yang perlu di evaluasi adalah kurva 51 (Inverse) karena besar FLA dan arus hubung singkat yang meningkat.

4.7.3 Tipikal 3

Tabel 4. 7 Perbandingan Arus Hubung Singkat Tipikal 3

KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-ASC	F50-ASC	F50-ASC
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	5,9 KA	5,9 KA	6,61 KA
Rasio CT	50	50	50
Pickup Lowset	0,66	0,79	0,79
Time Dial	0,55	3,31	3,71
Pickup Highset	2	6,4	6,4
Waktu (Detik)	0,05	0,3	0,3
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB71	F50-CB71	F50-CB71
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	6,9 KA	6,9 KA	7,28 KA
Rasio CT	1250	1250	1250
Pickup Lowset	0,4	0,63	0,63
Time Dial	0,1	0,29	0,31
Pickup Highset	1	1,6	1,6
Waktu (Detik)	0,07	0,5	0,5
KETERANGAN	EKSISTING	RESETTING	PERENCANAAN
ID Relay	F50-CB11	F50-CB11	F50-CB11
Jenis Kurva	Standart Inverse	IEC Very Inverse	IEC Very Inverse
Isc Max 0,5C	8,87 KA	8,87 KA	10,68 KA
Rasio CT	300	300	300
Pickup Lowset	0,6	0,87	0,87
Time Dial	0,14	0,34	0,43
Pickup Highset	6,7	10	10
Waktu (Detik)	0,09	0,1	0,1

Dari data tabel 4.7 terdapat beberapa kesalahan pada setting eksisting sehingga perlu dilakukan reseeting ulang untuk memperbaiki beberapa kesalahan pada kurva 50 (Instan) dan 51 (Inverse). Selain itu juga terdapat analisa koordinasi saat terjadi penambahan peralatan pada SLD eksisting sehingga yang perlu di evaluasi adalah kurva 51 (Inverse) karena besar FLA dan arus hubung singkat yang meningkat.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil analisa dan perhitungan pada SLD eksisting 2014 yang telah dilakukan ditemukan beberapa kesalahan setting koordinasi relay pengaman OCR dan GFR seperti kesalahan pada nilai Time Dial (TMS) yang masih menyebabkan beberapa kurva inverse relay bertabrakan, nilai pickup lowset dan highset yang kurang dari FLA peralatan dan waktu operasi yang kurang dari 0,1 detik sehingga menyebabkan kesalahan trip pada relay akibat terkena arus kontribusi beban saat hubung singkat 3 fasa 0,5 – 4 cycle serta Grading Time yang terlalu cepat kurang dari 0,2 detik.
2. Setelah dilakukan analisa dan perhitungan kembali pada SLD eksisting 2014 kerja koordinasi relay OCR dan GFR sudah sesuai dengan beberapa perbaikan seperti pengaturan nilai Time Dial (TMS) sehingga tidak terjadi tabrakan antar kurva relay, pengaturan pickup lowset dan highset yang sudah breadai di antara 1,05 FLA – 1,4 FLA, pengaturan waktu operasi yang sudah sesuai untuk beban static dan motor di setting 0,1 dan beban lumped disetting 0,3 detik. Serta grading time sudah peling cepat 0,2 detik.
3. Pada analisa SLD Pengembangan (Penambahan peralatan) terjadi perubahan besar arus hubung singkat dan perubahan besar arus nominal (FLA) pada saluran penghubung HVS sehingga perlu adanya evaluasi dan setting kembali pada kurva 50 (Inverse) dan kurva 50 (Instan) untuk mendapatkan koordinasi relay pengaman yang sesuai.

5.2 Saran

1. Diperlukan studi dan diskusi lanjut dengan tim teknik dari PT Terminal Teluk Lamong guna mendapatkan hasil yang lebih tepat sehingga mampu mengatasi gangguan- gangguan yang terjadi di lapangan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ..., Taqiyyuddin Alawiy, Muhammad. Diktat Proteksi Sistem Tenaga Listrik. 2006
- [2] ..., Hutasoit, Yosep Warman. Studi Koordinasi Proteksi Arus Lebih dari Jaringan Distribusi dengan FCL (Fault Current Limiter) di PT. VICO Indonesia
- [3] ..., Rahman Hendra, Studi Koordinasi Proteksi pada PT. Petrokimia Gresik Akibat Penambahan Pabrik Baru (Phosporit Acid dan Amonia Urea) serta Pembangkit Baru (20 dan 30 MW)York:Plenum Press
- [5] ..., R Wahyudi Ir, Diktat Kuliah Sistem Pengaman Tenaga Listrik, 2008
- [6] ..., SPLN 52-3 : 1983, Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga, Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV
- [7] ..., Operation Teknologi.Inc, Protection Device Coordination ETAP STAR, 2004

Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT PENULIS



Arbiantoko Permadi Purnomo, dilahirkan di kota Surabaya 20 Oktobert 1993. Penulis memulai pendidikan dari SDN Babatan 1 Surabaya pada tahun 2000-2006. Setelah itu ia melanjutkan pendidikan ke SMPN 12 Surabaya pada tahun 2006-2009, setelah lulus ia diterima sebagai murid SMAN 1 Surabaya, pada tahun 2009-2012. Pada tahun 2012 ia masuk ke Jurusan D3 Teknik Elektro - Komputer Kontrol – Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya hingga lulus pada tahun 2015. Penulis kemudian melanjutkan studi Program Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan Teknik Elektro dan mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga.

email : arbipp2k12@gmail.com

Halaman ini sengaja dikosongkan